LEONARDO

Project number: 101215528

Project Acronym: LEONARDO

D2.2 - Pilot-Specific UCs and Performance Evaluation framework definition

Date: 29-10-2026

Author: Andrea Moser



This project has received funding from the European Union's LIFE programme under grant agreement No 101215528.

Project contractual details

Project title	fLexibility sErvices prOvision eNAbled fRom aggregated inDustrial prOsumers
Project Acronym	LEONARDO
Grant Agreement No.	101215528
Project start date	1 September 2025
Project end date	31 August 2028
Duration	36 months
Website	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Deliverable details

Number	2.2
Title	Pilot-Specific UCs and Performance Evaluation framework definition
Work Package	2
Dissemination level[1]	PU
Due date	31-08-2026
Submission date	29-10-2026
Deliverable responsible	EEE
Contributing author(s)	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE), Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Dimitris Katsikas (Stomana), Grigoris Dimopoulos (Stomana), Michaela Papageorgiou (HelleniQ), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)
Reviewer(s)	UPAT, STOMANA
Final review and quality approval	01/10-2026

[1] PU = Public
CO = Confidential, only for members of the consortium (including Commission Services)

DOCUMENT HISTORY

DATE	VERSION	NAME	CHANGES
24-07-2026	0.1	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	ToC
11-09-2026	0.2	Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT) Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)	Integration of WP Leaders and Pilot Input
18-09-2026	0.3	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	First Draft version
01-10-2026	1.0	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Final Version after review

Disclaimer

Copyright © 2025 LEONARDO Consortium partners. All rights reserved.

LEONARDO is a LIFE project, supported by the European Commission under contract n°101215528. For more information on the project, its partners and its activities please contact infoleonardo@fbk.eu . No copying or distributing, in any form or by any means, is allowed without the prior written agreement of the owner of the property rights.

Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. Responsibility for the information and views expressed in the therein lies entirely with the author(s)

Executive summary

Deliverable D2.2 defines the pilot-specific Use Cases and the corresponding performance evaluation framework for the three LEONARDO Pilot Sites in Italy, Austria and Bulgaria/Greece. It consolidates the results of the pilot surveys carried out in Task 2.3 and the KPI definition activities performed in Task 2.4.

The pilot surveys identify substantial differences between the three pilots in terms of industrial sectors, scale, available flexibility resources, grid and market context, control infrastructure and data availability. The Italian pilot combines industrial loads with distributed generation, storage, hydrogen and electric-mobility resources within a local distribution area. The Austrian pilot covers two food-industry sites whose main flexibility resources include milling and other production loads, refrigeration and cold storage, PV generation and battery storage. The Bulgarian–Greek pilot involves electricity-intensive steelmaking and polypropylene production, with flexibility dominated by large industrial loads.

Eight pilot-specific Use Cases were modelled using a common structure. The Italian pilot addresses the aggregation of industrial flexibility, participation in the national balancing market and the operation of a local flexibility market. The Austrian pilot investigates flexible response to Day-Ahead prices, the potential use of industrial flexibility in a possible future distribution-level flexibility market. The Bulgarian–Greek pilot assesses in-border aggregation in Bulgaria and cross-border aggregation between the Bulgarian and Greek market areas.

The KPI framework translates the objectives and expected outcomes of the Use Cases into measurable indicators. Depending on the maturity and scope of the respective Use Case, the KPIs will be evaluated using monitored data, comparisons with reference or business-as-usual operation and representative scenarios. The indicators cover flexibility and operational performance, grid and system impacts, economic effects, flexibility suitability, energy efficiency, environmental impacts and investment.

The resulting pilot profiles, Use Case specifications and KPI repositories provide a common basis for the definition of the technical requirements and iFAAP architecture in Task 2.5, the data-management and interoperability activities in WP3, the development of forecasting and optimisation services in WP4 and the pilot preparation, integration, prototyping, testing, monitoring and performance-assessment activities in WP5.

Abbreviations

ARERA – Italian Regulatory Authority for Energy, Networks and Environment
BESS – Battery Energy Storage System
BRP – Balance Responsible Party
BSP – Balancing Service Provider
COP – Coefficient of Performance
DAM – Day-Ahead Market
DER – Distributed Energy Resource
DSF – Demand-Side Flexibility
DSO – Distribution System Operator
EAF – Electric Arc Furnace
EMS – Energy Management System
ESCO – Energy Service Company
ETL – Extract, Transform, Load
FOET – Fuel Oil Equivalent Tonne
HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning
iFAAP – Industrial Flexibility Activation and Aggregation Platform
KPI – Key Performance Indicator
LF – Ladle Furnace
LFM – Local Flexibility Market
MASE – Italian Ministry of Environment and Energy Security
MLF – Market for Local Flexibility
MSD – Mercato dei Servizi di Dispacciamento
PS – Pilot Site
RES – Renewable Energy Sources
SAREF – Smart Applications REFerence Ontology
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition
SGAM – Smart Grid Architecture Model
SOC – State of Charge
TSO – Transmission System Operator
UC – Use Case
UVA – Unità Virtuale Abilitata
UVAM – Unità Virtuale Abilitata Mista

Table of contents

Table of contents 7
1 INTRODUCTION 9
1.1 Purpose and Scope of the Deliverable 9
1.2 Contribution to the Objectives and Milestones of WP2 9
1.3 Relation to Other LEONARDO Tasks and Work Packages 9
1.4 Structure of the Deliverable 10
2 Pilot Survey and Pilot-Site Characterisation 11
2.1 Pilot Survey Approach, Scope and Structure 11
2.2 Pilot Survey Results 11
2.2.1 Pilot Site #1: Survey Results Italian Pilot 11
2.2.2 Pilot Site #2: Survey Results Austrian Pilot 20
2.2.3 Pilot Site #3: Survey Results Bulgarian–Greek Pilot 25
2.3 Consolidated Pilot-Site Profiles and Flexibility Inventory 29
3 Pilot-Specific Use Case Modelling 32
3.1 Use Case Modelling Approach and Structure 32
3.2 Use Case Modelling Results by Pilot 33
3.2.1 Pilot Site #1: Italian Pilot 33
3.2.1.1 UC- IT-01 – Aggregate flexibility from distributed industrial loads and energy resources 34
3.2.1.2 UC-IT-02 – Operate in the national balancing market 38
3.2.1.3 UC-IT-03 – Operate local flexibility market for DSO grid management 42
3.2.2 Pilot Site #2: Austrian Pilot 46
3.2.2.1 UC-AT-01 – Explore Diverse Energy Market Participation Strategies in Austria 47
3.2.2.2 UC-AT-02 – Distribution-Level Flexibility Market Design 51
3.2.2.3 UC-AT-03 – Multi-Level Flexibility Coordination 55
3.2.3 Pilot Site #3: Bulgarian–Greek Pilot 60
3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Aggregate in-border Bulgarian industrial flexibility 62
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Aggregate cross-border BG/GR industrial flexibility 67
3.3 Consolidated Use Case Register 73
4 Performance Evaluation and KPI Framework 75
4.1 Evaluation Approach and Framework Structure 75
4.2 KPI Repository and Monitoring Parameters 75
4.2.1 Pilot Site #1: Italian Pilot 75
4.2.2 Pilot Site #2: Austrian Pilot 78

4.2.3 Pilot Site #3: Bulgarian–Greek Pilot 80
4.3 Consolidated Performance Evaluation Framework 83
5 Traceability and Use of D2.2 Results 85
5.1 Use of Results in T2.5 – Technical Requirements and Architectural Blueprint 85
5.2 Use of Results in WP3 – Data Management and Data Collection 85
5.3 Use of Results in WP4 – Algorithms and Services 86
5.4 Use of Results in WP5 – Pilot Setup, Integration, Testing and Performance Assessment 87
Conclusions 89

1 INTRODUCTION

Deliverable D2.2 – Pilot-Specific UCs and Performance Evaluation Framework Definition presents the results of Task 2.3 – Pilot Surveys and Use-Case Scenarios and Task 2.4 – Evaluation Framework and KPIs formulation.

The deliverable consolidates the pilot-specific information collected within LEONARDO, the modelling of the corresponding Use Cases (UCs), and the definition of the associated performance evaluation framework. It thereby provides a common basis for describing the individual Pilot Sites, the flexibility-related scenarios to be addressed within the project, and the indicators to be used for their subsequent assessment.

1.1 Purpose and Scope of the Deliverable

The purpose of this deliverable is to provide a harmonised representation of the results generated within Task 2.3 and Task 2.4 across the three LEONARDO Pilot Sites.

The document covers three main elements: the characterisation of the Pilot Sites and their flexibility potential, the detailed modelling of the pilot-specific Use Cases, and the definition of the corresponding pilot- and Use Case-specific Key Performance Indicators (KPIs) and monitoring framework.

Together, these elements establish the pilot-specific Use Case and performance evaluation framework foreseen for D2.2.

1.2 Contribution to the Objectives and Milestones of WP2

WP2 – *Defining the basis for providing industrial flexibility-based market services capitalizing on EMS innovations* establishes the basis for the subsequent development, implementation and evaluation activities within LEONARDO. Its objectives include the definition of pilot-specific Use Case scenarios and services and the development of a monitoring and evaluation framework, together with the other technical, business, regulatory and architectural foundations of the project.

Within this overall scope, D2.2 consolidates the results of Task 2.3 and Task 2.4 by providing the pilot-specific Use Case definitions and the corresponding performance evaluation framework. These results directly contribute to Milestone 2 – *Evaluation framework and Pilot surveys available*, for which D2.2 represents the defined means of verification.

1.3 Relation to Other LEONARDO Tasks and Work Packages

Within WP2, the Pilot Site information and Use Case definitions developed in Task 2.3 provide input to Task 2.5 – Technical Requirements and Architectural Blueprints, where the LEONARDO iFAAP architecture and integration roadmap are further defined.

The results of Task 2.3 and Task 2.4 also provide input to the subsequent technical developments in WP3 and WP4. In addition, the Pilot Survey and Use Case results support Pilot Site preparation and testing activities in Task 5.1 and Task 5.3, while the performance evaluation framework developed in Task 2.4 supports baselining, testing and subsequent performance assessment in Task 5.1, Task 5.3 and Task 5.4.

The traceability between the results of D2.2 and their use in subsequent LEONARDO activities is further described in Chapter 5.

1.4 Structure of the Deliverable

The deliverable is structured into five main chapters:

Chapter 1 introduces the purpose and scope of D2.2, its contribution to WP2, and its relation to subsequent LEONARDO tasks and Work Packages.

Chapter 2 presents the Pilot Survey approach and the resulting characterisation of the three LEONARDO Pilot Sites.

Chapter 3 presents the pilot-specific Use Case modelling approach and the resulting Use Case specifications.

Chapter 4 presents the performance evaluation and KPI framework, including the pilot- and Use Case-specific KPIs and the corresponding monitoring parameters.

Chapter 5 establishes the linkage between Pilot Site characteristics, Use Cases and KPIs and describes how the results of D2.2 are taken forward in subsequent LEONARDO activities.

2 Pilot Survey and Pilot-Site Characterisation

This chapter presents the approach and results of the Pilot Surveys conducted under Task 2.3. The surveys provide a common basis for characterising the three LEONARDO Pilot Sites and the industrial facilities involved, with particular focus on their energy situation, existing energy technologies and industrial assets, available flexibility resources, data availability and relevant operational conditions. The resulting information is consolidated into harmonised Pilot Site profiles in the following sections.

2.1 Pilot Survey Approach, Scope and Structure

A common Pilot Survey Template was developed to collect and structure baseline information from the three LEONARDO Pilot Sites in a consistent manner. The template was designed to provide a sufficiently comprehensive overview of the current situation at the participating industrial sites while ensuring that the information collected is directly relevant to the identification and further assessment of industrial flexibility.

The survey covers three main information areas. The first part captures basic Pilot Site information, including energy consumption, peak load and load-profile characteristics, grid connection and relevant control conditions. The second part identifies existing on-site generation and storage technologies and documents their main characteristics, data availability and potential relevance for LEONARDO. The third part focuses on flexible industrial assets and processes, including their energy characteristics, flexibility classification, available data and interfaces, data granularity and relevant operational or process-related constraints.

To support a consistent description of different flexibility resources across the Pilot Sites, the template also applies a common flexibility classification, which provides relevant information for the developments in WP4.

The Pilot Survey Template was completed for each Pilot Site and the submitted information was reviewed and harmonised to ensure a consistent presentation across the three pilots. The consolidated survey results are presented in the following sections.

2.2 Pilot Survey Results

This section presents the information collected for each pilot site. The results provide a factual description of the individual pilot configurations, including energy characteristics, existing infrastructure, on-site generation and storage, industrial assets and processes, available flexibility and relevant operational conditions.

2.2.1 Pilot Site #1: Survey Results Italian Pilot

Pilot overview and involved industrial sites

The Italian pilot site covers the area of the municipality of Storo (TN), which is served by the local DSO CEDIS. CEDIS is an historical hydroelectric cooperative and is regulated by a unique legislation framework, which allows these cooperatives to be both producers and grid operators within their territory. CEDIS is in fact divided into two entities, the first being the grid operator, and the second being the energy cooperative with over 3500 associates, consisting of citizens and local enterprises, which benefit from lower electricity prices and 100% renewable energy consumption. The energy cooperative owns and operates 6 hydropower plants and 12 PV plants for an approximate renewable

generation of 25 GWh/year. The goal of unlocking local industrial flexibility is to maximize the local consumption for RES generation and minimize import form the national grid maximize local consumption of RES generation and minimize imports from the national grid, while at the same time improving the grid management and reduce congestion issues. In the following picture the CEDIS area, with MV lines, MV/LV cabins, and hydro and PV plants are depicted.

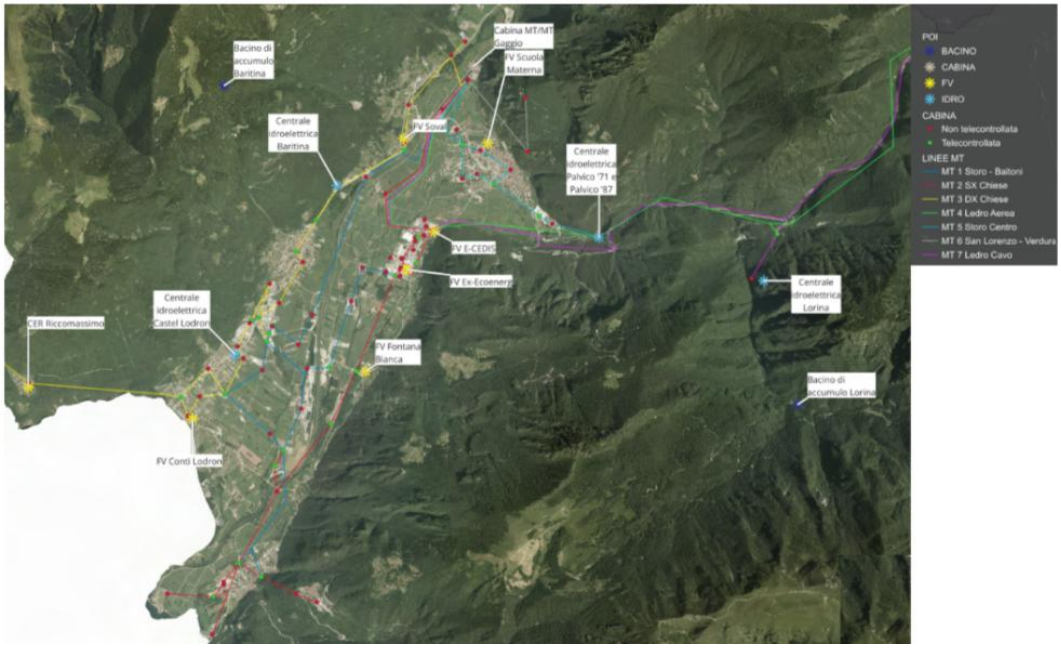


FIGURE 1: PILOT #1 – LOCATION OF THE CEDIS AREA

Coming to the industrial partners engaged in the flexibility testing, there are three major stakeholders, all located in the same industrial area within the municipality:

- **Innova (+ Katana)**: Large industrial producer of heat pumps, with several components production lines, heat pumps for heating and cooling of all indoor areas, electric forklifts and EV charging stations, compressors and painting processes (gas-fired).
- **Poncial**: Iron and steel industry specialized in hot forging and printing, with 3 steel printing lines and one quenching line.
- **Polytec Energy**: System integrator and engineering firm specialized in industrial automation and in the energy transition. The company develops Energy Management System (EMS) software, renewable energy plants, and robotic systems tailored for heavy industries, manufacturing, and logistics. They local site participates in the flexibility activation with a new 1MW electrolyzer and 2 battery storage systems, supported by a consistent local PV production.

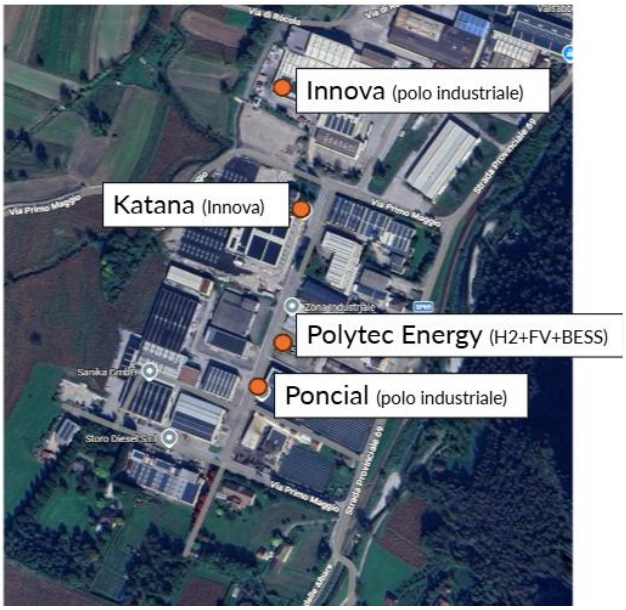


FIGURE 2: PILOT #1 - INDUSTRIAL PARTNERS AND MAIN STAKEHOLDERS

Within the activities of WP2, a survey mapping each stakeholder's assets was executed, with the goal of retrieving technical data such as capacities, production/consumption values and patters production/consumption values and patterns, and categorizing them by archetype, meaning if and what type of flexibility service/regulation can be offered. The results of this survey are reported in the following sub-paragraphs.

Pilot basic data

Being the pilot site composed of four different but interconnected stakeholders, the general energy statistic are here reported the general energy statistics are reported below for each one of them.

There are two ways CEDIS can actually contribute to flexibility in its own grid: first, as a producer, is by regulating its hydro production, as two plants have a water reservoir and can therefore modulate their output, and the second is, by acting as the grid operator, to activate a local flexibility market, which can be done as a fully open market or through bilateral flexibility deals with major consumers such as Innova.

Nevertheless, it is fundamental to have a proper overview of the whole pilot area system, with its geographical peculiarities and grid constraints. Within CEDIS' grid, a typical consumption day follows the well-known "duck profile", with peak consumption hours happening early in the morning and late in the afternoon/early evening. In any case, overall load variability can be defined as "high", acknowledging the fact that the overall grid consumption follows a certain pattern that can be, to a certain level, forecasted. A complete EMS system overseeing the whole distribution grid is currently being developed and implemented, with the plan to go online before the end of 2026. The whole Grid is connected to the national grid through one 15 MW cabin, with a same size backup transformer. Of course, its operational limits are strictly connected to meeting the users' demand.

TABLE 1: PILOT #1 – BASIC DATA DISTRIBUTION GRID

Consumption [MWh/a]	Peak Load [MW]	Peak timing	Load Variability	Connection Cap [MW]	EMS available
28 413	7.177	Day	High	15	Soon

Coming to the industrial users, each one of the three industries presents its own peculiarities. **Innova** production lines operate on two working shifts (6-14 and 14-22), with a peak in the morning around 9-10, and then constant and a bit lower during the second shift, when not all the production lines are active. The peak is quantifiable as double the baseload, but the consumption pattern is regular across the year. While there is some flexibility to be applied to certain loads, the main production lines are constrained to operate during the scheduled turns. During the first part of 2026, Innova installed a large number of EMS-connected smart meters to better monitor the consumption across the different lines and buildings/offices, including the consumption of heat pumps for HVAC. This allows to have a better real time monitoring of all the industry's processes, allowing to intervene with efficiency measures where needed and with the future goal of matching consumption and market price forecasts and to optimize operations.

Poncial is served by 3 different MV connection points. The Peak consumption, as seen from the grid's perspective (therefore not including self-consumption of PV energy), is 1250 kW, occurring during working hours (6AM-18PM). The grid withdrawal shows anyway a high variability, with days where the peak is about 50% of the yearly peak, and fluctuations during the working hours of 200-300 kW. Yearly withdrawal from the grid was 3151 MWh in 2025.

Polytec, on the other hand, is not a typical industry with a stable profile and constant output production. Starting from the fact that it still needs to start its operations, the whole load will consist of one electrolyzer alone The site's load profile will initially be dominated by a single electrolyser., which production will be following both the hydrogen demand (yet to be confirmed) and especially the production of Polytec's PV plants. The variability of the load will therefore be maximum The load profile is expected to exhibit very high variability. , ranging the full capacity of the electrolyzer. Being a brand-new plant, the whole H2-BESS-PV system The integrated hydrogen, battery-storage and photovoltaic system is equipped with an EMS that allows for live monitoring and fine regulation, also accordingly to grid electricity prices and potential trading initiatives. In the following table the availability of the EMS is labelled as "Soon", as the whole plant is currently being finalized but is not operational yet.

TABLE 2: PILOT #1 – BASIC DATA INDUSTRIAL SITES

	Consumption [MWh/a]	Peak Load [MW]	Peak timing	Load Variability	Connection Cap [MW]	EMS available
Innova	1 155	0.3	Day	High	MV 1.08	YES
Poncial	3 151	1.292	Day	High	MV 1.44	Soon
Polytec	4 731	1	Day	High	MV 1.2	Soon

On-site generation and storage technologies

Regarding on-site generation technologies, CEDIS brings a large portfolio of assets, including PV (cumulative 2.146 MW), Hydro Run-of-River (cumulative 3.816 MW), and Hydro coupled with reservoir (cumulative 1.35 MW with 4.4 MWh reservoir). Additionally, CEDIS owns and operates PV plants (aggregated 1.503 MW) and one RoR Hydro plant (0.88 MW) outside its own grid, and accounts for their production through trading schemes.

Regarding Innova, two roof-mounted PV plants for a total capacity of 1MW are active, with historical data and EMS connected and accessible. Regarding storage technologies, Innova has a large-scale fire-tank thermal storage which is charged via heat pump, accounting for 3.5 thermal MWh (assuming a COP of 3, it corresponds to around 1.15 electrical MWh).

Poncial on its side has two roof-mounted PV plants for a total capacity of 190 kW. Historical smart metering data are only partially available and not disaggregated by asset, but the industry is currently (September 2026) installing new smart meters and implementing a new EMS system.

Polytec brings into the project a more complex system, depicted in the following picture. Four PV plants, two of which coupled with battery storages. Moreover, there are two additional PV plants and one BESS located outside the CEDIS grid and accounted for through trading schemes. Overall, the in-grid PV capacity is 3.527 MW coupled with a cumulative 5.08 MWh storage, with the assets outside the local grid contributing with additional 1.2 MW PV and 1.075 MWh of BESS. Last, Polytec's system will also have two hydrogen storage tanks, for a total capacity of 190 Kg of H2. This is a chemical storage, and depending on the conversion system used could be used to supply additional electricity production in that grid area (e.g. with Fuel Cell conversion 15/18 kWh/kg, with Gas Turbine 10-14 kWh/kg). All components of Polytec's system are newly commissioned and data access and availability is guaranteed by the EMS.

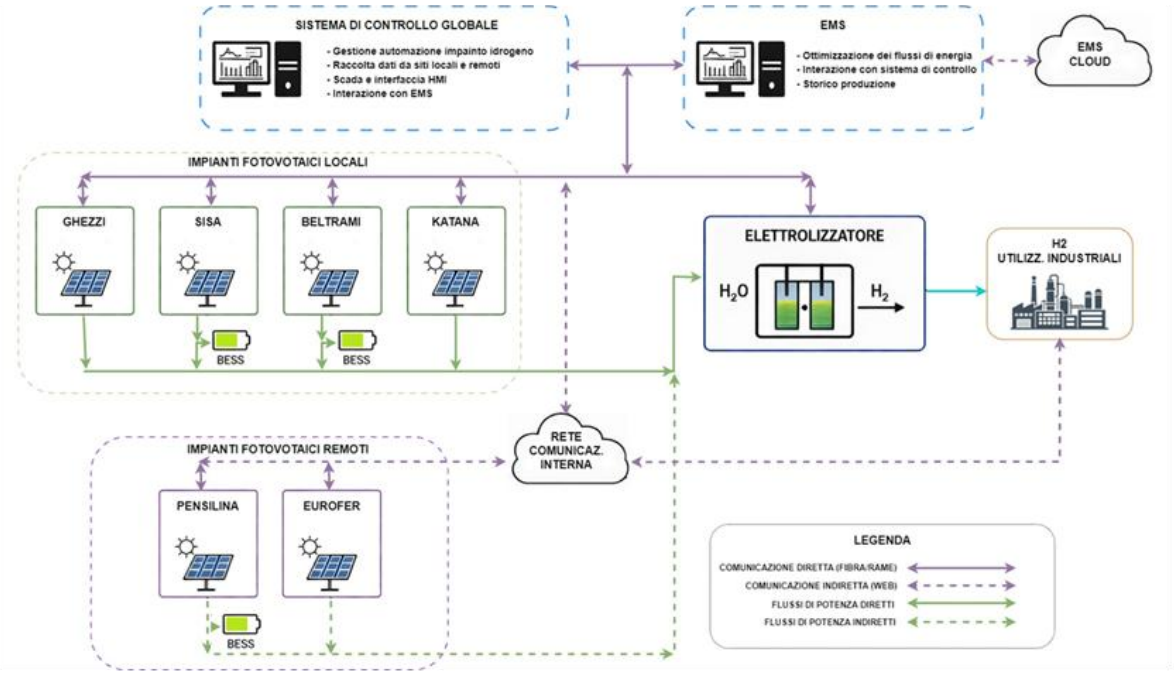


FIGURE 3: PILOT #1 – OVERVIEW OF THE POLYTEC ENERGY SYSTEM

TABLE 3: PILOT #1 - ON-SITE GENERATION AND STORAGE TECHNOLOGIES

Tech ID	Technology	Installed capacity	Involved in LEONARDO?	Flexibility classification	Data availability	Data access
1	CEDIS PV grid	2.146 MW	Yes	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
2	CEDIS PV remote	1.503 MW	No	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
3	CEDIS Hydro RoR	3.816 MW	Yes	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
4	CEDIS Lorina Hydro Storage	1 MW 3.3MWh	Yes	C - On-site electricity generation - Dispatchable generation B - Implicit or explicit storage - Material storage buffer	Yes	SCADA/EMS
5	CEDIS Baritina Hydro Storage	0.35 MW 1.1 MWh	Yes	C - On-site electricity generation - Dispatchable generation B - Implicit or explicit storage - Material storage buffer	Yes	SCADA/EMS
6	CEDIS Hydro RoR remote	0.880 MW	No	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
7	Innova PV	0.43 MW	Yes	C - On-site electricity	Yes	SCADA/EMS

				generation - Non-dispatchable generation (RES)		
8	Katana PV	0.56 MW	Yes	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
9	Innova Fire Tank	3.5 MWhth	Yes	B - Implicit or explicit storage – Heat Storage	Yes	SCADA/EMS
10	Polytec in-grid PV	3.527 MW	Yes	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
11	Polytec in-grid BESS	5.08 MWh	Yes	B - Implicit or explicit storage - Battery Energy Storage	Yes	SCADA/EMS
12	Polytec remote PV	1.2 MW	Yes	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Yes	SCADA/EMS
13	Polytec remote BESS	1.075 MWh	Yes	B - Implicit or explicit storage – Battery Energy Storage	Yes	SCADA/EMS
14	Polytec H2 storage	190 kg H2	Yes	B - Implicit or explicit storage - Material storage buffer	Yes	SCADA/EMS
15	Poncial PV	0.19 MW	Yes	C - On-site electricity generation - Non-dispatchable generation (RES)	Partial	SCADA/EMS

Flexible industrial assets and processes

Finally, the survey assessed the final consumption assets, defining their main characteristics (Peak load, yearly consumption) and classifying them by the level of flexibility they can provide.

CEDIS, being a grid operator and renewable energy producer, has no industrial assets to include in this section.

On the other hand, Innova has several processes that were mapped during the project activities. Unfortunately, it is unlikely that the main production lines and processes can be involved in any flexibility scenario, as the working shifts constraint is too limiting. Nevertheless, the industry has a long list of auxiliary assets that fit perfectly into the flexibility framework. Two different types of EV charging stations are installed for employees to charge their vehicles during working hours, the difference being that one charging station can modulate the output power, while the other has an on/off operation. There is then a large number of Heat Pumps for indoor HVAC and one charging a large internal thermal storage tank. These HPs can be easily modulated between 30% and 100% of their nominal capacity, with the only other constraint to maintain the indoor thermal comfort for the workers.

Poncial is served by 3 different MV connection points and operates 3 steel Induction Ovens (400 KW, 800 kW, 400 kW) and one quenching line (203.7 kW). It was not possible to assess in detail the level of flexibility that these assets could guarantee, but Induction Ovens have a quick and high level of modulation (within seconds/minutes), with a thermal inertia which can be exploited for short periods of time (5-15 minutes) without compromising the quality of the products. For the quenching line oven (200 kW), this time span can be extended up to one hour. At the same time, it was not possible to characterize in details other processes such as saws, sandblasting, cutting machinery and a forklifts charging station, but the industry is currently in the process of installing more smart meters and a centralized EMS, and these assets will be included in future analyses.

Last, Polytec's assets all have a relevant flexibility potential. The Electrolyzer can be both rescheduled in time and adjusted in power, with some operating constraints like a limited number of on/off switches per day and a ramp up/down time of about 20 minutes. Moreover, the Electrolyzer will only be producing when the input energy comes directly either from Polytec's PV plants or from the connected BESS systems, excluding the possibility of absorbing straight from the grid.

TABLE 4: PILOT #1 - FLEXIBLE INDUSTRIAL ASSETS AND PROCESSES

Asset ID	Asset or process	Peak load and timing	Flexibility classification	Data avail-ability	Data availability / access interface/ source	Granularity	Main constraints

1	Innova EV chargers (adjustable)	132 kW Daytime	A - Reschedulable process – Interruptible, adjustable power process	Yes	SCADA/ EMS	15-min	Workers charge cars during working shifts
2	Innova EV chargers (on/off)	220 kW Daytime	A - Reschedulable process – Interruptible, fixed power process	Yes	SCADA/ EMS	15-min	Workers charge cars during working shifts
3	Innova Fire tank HP	12 kW - Flexible	A - Reschedulable process – Interruptible, adjustable power process	No	SCADA/ EMS	15-min	1)Minimum charge level of the tank 2)30% minimum load
4	Innova Various HVAC HPs	199 kW Shifts time	A - Reschedulable process – Interruptible, adjustable power process	For most buildings yes	SCADA/ EMS	15-min	1)Thermal indoor comfort 2)30% minimum load
5	Polytec Electrolyzer	1 MW Daytime	A - Reschedulable process – Interruptible, adjustable process	Current data available; historical data not yet available	SCADA/ EMS	15-min	1)Limited on/off 2)Ramp up/down time = 20min
6	Polytec On grid BESS	2.4 MW flexible	Explicit Storage - B - BESS	Current data available; historical data not yet available	SCADA/ EMS	15-min	
7	Polytec Remote BESS	0.5 MW flexible	Explicit Storage - B - BESS	Current data available; historical data not yet available	SCADA/ EMS	15-min	

8	Poncial Printing Ovens	1.6 MW	A - Reschedulable process – Interruptible, adjustable process	October 2026 - No historical data	SCADA/ EMS	15-min	1)Limited on/off 2)Maximum modulation <15min
9	Poncial Quenching Oven	0.2 MW	A - Reschedulable process – Interruptible, adjustable process	October 2026; No historical data available	SCADA/ EMS	15-min	1)Limited on/off 2)Maximum modulation time <1h

2.2.2 Pilot Site #2: Survey Results Austrian Pilot

Pilot overview and involved industrial sites

The Austrian pilot is located in Southeastern Styria and covers the two industrial sites Gsellmann Mischfuttererzeugung and Fleischhof Raabtal, having different production processes and energy-use profiles. EEE coordinates the Austrian pilot. EVON acts as the pilot's data hub and provides access to the industrial data through systems installed at the two sites. This facilitates the collection and interpretation of energy and process data and supports a better understanding of the existing operational and control logics.

Gsellmann operates in the feed-production sector. Its activities include grain intake, drying, milling, rolling, pressing, mixing, conveying and silo-based storage. Electricity consumption is largely driven by motors and production equipment operated in continuous and batch-based processes. The availability of intermediate storage within the production system allows certain processing steps to be rescheduled within the limits of the production plan.

Fleischhof Raabtal operates in the meat-processing sector, with activities including slaughtering, meat cutting and processing, refrigeration, cold storage and the operation of temperature-controlled working areas. Its electricity profile is strongly influenced by continuous cooling demand. Potential flexibility therefore depends mainly on the thermal inertia of refrigerated spaces and on the possibility of temporarily adjusting cooling operation while maintaining the required temperatures, hygiene standards and food-safety conditions.

The survey results provide a harmonised overview of the energy situation, grid connection, energy management systems, on-site generation and storage technologies, and potentially flexible industrial assets at both sites. The information is presented separately for each industrial site. Additional energy and operational data provided by the two companies complement the survey results. Confirmed values, estimates and information requiring further specification are clearly distinguished throughout the section.

Pilot basic data

- **Energy consumption:** Gsellmann has a total annual electricity consumption of approximately 3,700 MWh. Due to the electricity generated by the on-site PV installations, the annual electricity imported from the public grid is approximately 2,371 MWh. The site also has an annual heat consumption of approximately 7,000 MWh, mainly required in the form of process steam for feed production. Fleischhof Raabtal has a total annual electricity consumption of approximately 5,800 MWh. Its on-site PV installations cover part of this demand, reducing the annual electricity purchased from the public grid to approximately 4,260 MWh. The site's annual heat consumption amounts to approximately 3,499 MWh and is associated with the thermal requirements of meat processing and related operations.
- **Peak load and load profile:** At Gsellmann, short-duration electrical load peaks reach up to 1,500 kW. The electrical load is highest during daytime production and varies considerably depending on the operation of the mills, rollers and presses included in the production schedule. At Fleischhof Raabtal, the load profile is characterised by a continuous base load from refrigeration combined with variable loads from meat-processing activities and temperature-controlled working areas. Peak loads generally occur during daytime operation.
- **Grid connection:** Gsellmann is connected to the medium-voltage grid with a contracted connection capacity of 1,300 kW. This capacity defines the regular limit for electricity supply from the public grid. At Fleischhof Raabtal, the grid connection supplies the electricity demand not covered by on-site PV generation and accommodates the export of surplus PV electricity. The site also operates seven AC charging stations, each equipped with two 11 kW charging points, and one DC charging station with two 25 kW charging points. This corresponds to 16 charging points with a total installed charging capacity of 204 kW.
- **Operational constraints:** At Gsellmann, flexible operation is limited by the contracted demand limit, production schedules, customer orders and the required continuity of the production process. At Fleischhof Raabtal, temperature limits, continuous cold-chain requirements, hygiene standards and meat-processing schedules restrict adjustments to refrigeration and other production-related loads.
- **Energy management and control:** Energy management systems are used at both industrial sites to monitor energy consumption and relevant process conditions. At Gsellmann, the system also supports site-level load management based on predefined priorities for the connected production assets. Energy and operating data are available for the surveyed mills and presses. At Fleischhof Raabtal, energy and temperature data are available for the surveyed refrigeration assets. EVON's systems are installed at both sites and provide the data interface for the Austrian pilot, making relevant energy and process data as well as information on the existing site-control logic available for the LEONARDO analyses.

On-site generation and storage technologies

Both industrial sites operate on-site photovoltaic generation. Gsellmann operates two PV installations with 1,500 kWp each, resulting in a combined installed capacity of 3,000 kWp. The annual electricity generation of the installations amounts to approximately 2,799 MWh, of which approximately 1,339 MWh are fed into the grid.

Gsellmann has also installed a battery energy storage system with a capacity of 6 MWh. The battery is scheduled to be commissioned in 2026.

Fleischhof Raabtal operates PV installations with a total installed capacity of 1,757 kWp. The annual electricity generation of the installations amounts to approximately 1,810 MWh, of which approximately 118 MWh are fed into the grid.

A further extension of the PV installations by approximately 250 to 300 kWp is planned. The site is also considering the future installation of a battery storage system.

TABLE 4: PILOT #2 - ON-SITE GENERATION AND STORAGE TECHNOLOGIES –

Technology ID	Technology	Installed capacity	Involved in LEONARDO?	Flexibility classification	Data availability	Data access
GS-PV1	PV – Gsellmann	1,500 kWp	Yes	On-site electricity generation; Class C; Non-dispatchable generation (RES)	Current and historical data available	Installed energy management system
GS-PV2	PV – Gsellmann	1,500 kWp	Yes	On-site electricity generation; Class C; Non-dispatchable generation (RES)	Current and historical data available	Installed energy management system
GS-BESS1	Battery energy storage – Gsellmann	6 MWh	Yes	Implicit or explicit storage; Class B; Battery energy storage	No operational data currently available	Access through installed system foreseen after commissioning
FR-PV1	PV – Fleischhof Raabtal	1,757 kWp	Yes	On-site electricity generation; Class C; Non-dispatchable generation (RES)	Current and historical data available	Installed system / data export

Flexible industrial assets and processes

The two industrial sites have fundamentally different flexibility profiles. At Gsellmann, flexibility is already used internally to limit peak grid demand and maintain the site load within the contracted grid-connection capacity of 1,300 kW. The existing load-management system follows a predefined priority sequence. When the site load approaches the connection limit, selected mills can first be reduced from load to off-load operation and subsequently switched off if further load reduction is required.

The available operating options depend on the respective asset type. Mills and rollers can operate under load, continue in off-load operation or be switched off. The grain presses do not have an off-load operating mode and can therefore either continue production or be switched off. The flexibility inventory focuses on the production assets integrated into the existing load-management system.

Gsellmann operates with short production lead times and can adjust the sequence of production orders within the same day. The most realistic additional flexibility therefore lies in shifting individual production steps within a period of several hours, for example to periods with higher PV generation or more favourable electricity prices. Production requirements and customer priorities remain the determining constraints.

At Fleischhof Raabtal, refrigeration and cold storage represent the main flexibility-relevant processes. The relevant refrigeration assets comprise frozen-storage and cooling rooms and a temperature-controlled working room.

The frozen-storage room operates between 40 and 130 kW and has an annual electricity consumption of approximately 456 MWh. Its temperature must remain at or below −18°C. The cooling room operates between 10 and 85 kW and has an annual electricity consumption of approximately 277 MWh. Its target temperature is +2°C. The temperature-controlled working room must remain between 8°C and 12°C. The minimum operating levels reflect the almost continuous operation of parts of the cooling systems.

Potential flexibility arises from adjusting cooling operation within the permitted temperature limits and using the thermal inertia of the refrigerated areas. Predictive pre-cooling could shift part of the cooling demand in response to electricity prices and weather conditions. The permissible temperature adjustment, duration of the load reduction and subsequent recovery demand still need to be confirmed with the site.

For both sites, installed capacities and operating ranges do not correspond directly to flexibility that is available at all times. The flexibility available in a specific period depends on the production status, existing load-management priorities, temperature limits and the duration for which an adjustment can be maintained. These parameters will be further assessed using the available operational data.

TABLE 5: PILOT #2 - FLEXIBLE INDUSTRIAL ASSETS AND PROCESSES

Asset ID	Asset or process	Peak load and timing	Flexibility classification	Data availability	Data access interface/ source	Granularity	Main constraints
GS-A1	Grain mill 3.01 – Gsellmann	140 kW, day; off-load operation at 20 kW	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-A2	Grain mill 3.02 – Gsellmann	80 kW, day; off-load operation at 10 kW	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available,	Export via EVON; more frequent data provision	15-min	Electricity-supply arrangement; production plan

				no historical data	under preparation		
GS-A3	Roller 3.01 – Gsellmann	30 kW, day; off-load operation at 10 kW	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	Not reported	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-A4	Grain press 4.01 – Gsellmann	100 kW, day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-A5	Grain press 5.01 – Gsellmann	80 kW, day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-A6	Grain press 6.01 – Gsellmann	100 kW, day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-B1	Grain mill 310 – Gsellmann	170 kW, day; off-load operation at 30 kW	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-B2	Roller 310 – Gsellmann	25 kW, day; off-load operation at 15 kW	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min indicated in survey	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-B3	Grain press 1 – Gsellmann	110 kW, day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available, no historical data	Export via EVON; more frequent data provision under preparation	15-min indicated in survey	Electricity-supply arrangement; production plan
GS-B4	Grain press 2 – Gsellmann	110 kW, day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	Current data available,	Export via EVON; more frequent data provision	15-min indicated in survey	Electricity-supply arrangement; production plan

				no historical data	under preparation		
FR-A1	Frozen-food storage room – Fleischhof Raabtal	40–130 kW, day; 456 MWh in 2025	Reschedulable process (A): Interruptible, adjustable power	Current and historical data available	Installed system via EVON, regular data connection under preparation	15-min	Temperature must remain at or below -18°C
FR-A2	Cooling room – Fleischhof Raabtal	10–85 kW, day; 277 MWh in 2025	Reschedulable process (A): Interruptible, adjustable power	Current and historical data available	Installed system via EVON, regular data connection under preparation	15-min	Target temperature +2°C
FR-A3	Temperature-controlled working room – Fleischhof Raabtal	Capacity and peak load not reported; day	Reschedulable process (A): Interruptible, adjustable power	Current and historical data available	Installed system via EVON, regular data connection under preparation	15-min	Temperature must remain between 8°C and 12°C

2.2.3 Pilot Site #3: Survey Results Bulgarian–Greek Pilot

Pilot overview and involved industrial sites

The Bulgarian–Greek pilot is a transnational pilot spanning two interconnected balancing areas: the Sofia balancing area, operated by the Bulgarian TSO ESO, and the Thessaloniki area, operated by the Greek TSO IPTO. The two areas are linked by the Bulgaria–Greece cross-border transmission interconnection. The survey covers the two industrial sites of the pilot, one on each side of the border: the Bulgarian industrial cluster comprising STOMANA Industry, SofiaMed and ETEM Gestamp and the HELLENiQ ENERGY Thessaloniki Industrial Complex in Greece. UPAT acts as pilot coordinator for both sides.

STOMANA Industry is a steel manufacturer whose plant comprises four main production areas (melt shop, plate mill, rolling mill and ball mill) and which ranks among Bulgaria's five largest electricity consumers. Within the pilot, STOMANA also acts as the flexibility aggregator for the Bulgarian industrial cluster it heads. It participates directly in the Bulgarian day-ahead and intraday energy markets operated by IBEX, acting as its own Balance Responsible Party. SofiaMed operates copper foundry, rolling and extrusion processes, covering stages from melting and casting of copper and copper alloys to shaping the material through rolling and extrusion. ETEM Gestamp is centered on aluminium extrusion and related downstream processing activities, including also an on-site PV installation.

The HELLENiQ ENERGY Thessaloniki Industrial Complex is a hydro-skimming refinery carrying out a continuous refining process that starts with crude oil distillation and continues through secondary processing and hydro-treating, together with associated petrochemical production, notably a polypropylene line. It is connected to the IPTO transmission grid and participates in the Greek day-ahead and intraday energy markets operated by HEnEx through an aggregator.

The two sites represent two contrasting industrial sectors (electric-arc steelmaking, copper&aluminium processing and oil refining) and, as the following subsections show, two fundamentally different flexibility profiles. Completed survey returns were received from all four industrial sites and cover pilot basic data, on-site generation and storage technologies, and flexible industrial assets and processes. The results below report the information exactly as returned; where a value was not reported or not applicable, this is stated directly.

Pilot basic data

- **Energy consumption:** The reported figures refer to the individual industrial sites and not to the pilot as a whole. STOMANA reports an annual electricity consumption of 412,576 MWh, no heat consumption figure was reported. SofiaMed reports 85,453.53 MWh/year of electricity consumption, while ETEM Gestamp reports 25,600 MWh/year of electricity consumption, with no heat consumption value reported in any of the two sites.
- HELLENiQ reports an annual electricity consumption of 227,493 MWh and an annual heat consumption of 146,765.5 FOET, equivalent to 1,640,581 MWh, which reflects the fuel-driven character of the refining process.
- **Peak load and load profile:** STOMANA reports a peak electrical load of 115 MW, SofiaMed 15.4 MW, ETEM Gestamp 5.5 MW and HELLENiQ 31.3 MW. All sites report peak demand occurring during the day. STOMANA, ETEM Gestamp and HELLENiQ report low load variability, whereas SofiaMed reports high load variability.
- **Grid connection:** The participating sites are connected at different voltage levels. STOMANA is connected at extra-high voltage (above 150 kV), with a reported connection capacity of 200 MVA and 180 MVA for each of two lines. SofiaMed is connected at high voltage, with supply at 110 kV. ETEM Gestamp reports a 20/0.4 kV transformation level within its electrical infrastructure. HELLENiQ is connected at high voltage (36–150 kV), with a reported connection capacity of 89 MVA for each of two lines. The reported electrical infrastructure remains consistent with the TSO-facing orientation of the pilot Use Cases.
- **Operational constraints:** Both sides report operational constraints, and in both cases the constraint is of the schedule type. Neither site reported a demand limit or an injection limit.
- **Energy management and control:** Both sides report an available EMS, used at industrial-site level. STOMANA and ETEM Gestamp operate Schneider Electric EMS installations, SofiaMed reports an available EMS while HELLENiQ operates Powernet and Protasis Zenon EMS. At present, process data are retrieved from both sides by manual export. The STOMANA battery is accessible through a SCADA/EMS interface, and the ETEM Gestamp PV installation is also accessible through a SCADA/EMS interface.

On-site generation and storage technologies

The survey identified two on-site energy technologies across the pilot: a battery energy storage installation of 0.2 MWh at STOMANA and 4 MW of PV generation at ETEM Gestamp. The STOMANA battery is included in the LEONARDO activities and is accessible through a SCADA/EMS interface, while the PV installation is monitored through its EMS/SCADA infrastructure. STOMANA reported no photovoltaic, hydro, combined heat and power, wind or hydrogen installations, and HELLENiQ returned "not applicable" for all categories, meaning that no on-site generation or storage is available at the Greek site.

This is a defining characteristic of the Bulgarian–Greek pilot and distinguishes it from the other two LEONARDO pilots: with no significant distributed energy resources on either side, the flexibility of this pilot rests almost entirely on the industrial processes themselves rather than on generation or storage assets. The 0.2 MWh battery is too small relative to site peak loads of 115 MW and 31.3 MW to contribute materially to market bidding, and is therefore relevant mainly as a data-access and control-integration reference point. The 4 MW photovoltaic installation does not materially alter this characterisation, as its scale remains limited relative to the industrial demand of the cluster and its contribution is primarily as a local generator rather than as a major flexible resource.

TABLE 6: PILOT #3 - ON-SITE GENERATION AND STORAGE TECHNOLOGIES

Technology ID	Technology	Installed capacity	Involved in LEONARDO?	Flexibility classification	Data availability	Data access
batt 1	Battery energy storage (STOMANA)	0.2 MWh	Yes	Implicit or explicit storage; Class B; Battery energy storage	Available	SCADA/EMS
pv 1	Non-dispatchable renewable energy source (ETEM)	4 MW	Yes	On-site electricity generation; Class C	Available	SCADA/EMS

Flexible industrial assets and processes

The type of industrial activity carried out at each site determines the flexibility available. STOMANA operates electric steelmaking, in which the melt shop draws very large power in discrete heats that can be started earlier or later within the production plan. All four flexible asset groups reported by STOMANA are classified under the Reschedulable process archetype (Class A) with the subtype Interruptible, fixed power process, and they account for the great majority of the site's consumption. SofiaMed and ETEM Gestamp also report reschedulable industrial processes, although at lower power levels and with different production characteristics. HELLENiQ, by contrast, operates a continuous refining process in which, as the site reports, process adjustment is rare and production-constrained.

On the Bulgarian side the STOMANA reported assets are scrap melting in the electric arc furnaces (195 MVA installed, 205.08 GWh/y, 107 MW non-coincident peak), secondary metallurgy in the ladle furnaces (36 MVA, 26.53 GWh/y, 34.8 MW), the melt shop rest (13 MVA, 22.59 GWh/y, 11.3 MW) and the filtering units (17 MVA, 18.4 GWh/y, 14.4 MW). The first three peak during the day and the

filtering units at night. An important qualification applies to the melt shop rest: out of its total load, only the casting process, of approximately 5 MVA, is considered capable of providing flexibility. The motor powers of the individual melt-shop units are confirmed, but the flexible capacity, the timing at which it can be offered, and its availability remain dependent on process-limit validation, which is ongoing within the pilot. SofiaMed reports three main copper-processing process groups: foundry (33.88 GWh/y, 7.01 MW peak), rolling (41.83 GWh/y, 8.77 MW peak) and extrusion (9.74 GWh/y, 1.76 MW peak). All three peak during the day and are identified as reschedulable processes. Their flexibility is therefore associated primarily with adjusting the timing of electricity-intensive production operations within the production schedule, subject to production-continuity and product-quality requirements. ETEM Gestamp reports aluminium extrusion (15.57 GWh/y), secondary processing (4.47 GWh/y) and an additional industrial process group (0.56 GWh/y). All three are classified as Reschedulable process (Class A), Interruptible, fixed power. Their flexibility is therefore associated mainly with shifting or interrupting production operations within permissible scheduling windows, while the exact flexible capacity, timing and duration remain dependent on process-level validation.

On the Greek side the single reported asset is the extruder motor of the polypropylene production line, with 5,400 kW installed capacity, 70,459 MWh/y consumption and a peak load of 4,670 kW. Up to a maximum of 1 MW of its consumption can be adjusted; the main constraints are the process requirements and the commercial needs of the plant, and there is no specific peak consumption period because consumption varies with the grade of polypropylene being produced.

Two differences between the sites are material for the modelling work. First, scale: the Bulgarian cluster combines STOMANA's flexible assets operating at tens of megawatts with additional reschedulable processes at SofiaMed and ETEM Gestamp, whereas the adjustable share of the HELLENiQ asset is limited to about 1 MW, so the Bulgarian side dominates the aggregate flexibility of the pilot. Second, data granularity: Bulgarian cluster's data are available at 15-minute resolution while HELLENiQ data are available hourly, which constrains the temporal resolution at which the cross-border aggregate can be characterised. At both sites current and historical data are available and are currently retrieved by manual export.

TABLE 7: PILOT #3 - FLEXIBLE INDUSTRIAL ASSETS AND PROCESSES

Asset ID	Asset or process	Peak load and timing	Flexibility classification	Data availability	Data access interface/source	Granularity	Main constraints
BG-A1	Scrap melting – EAF (STOMANA)	107 MW day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Process limits
BG-A2	Secondary metallurgy – LF (STOMANA)	34.8 MW day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Process limits

BG-A3	Melt shop rest – casting (STOMANA)	11.3 MW day	Reschedulable process (A): Interruptible, fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Of the melt shop rest load, only casting (approx. 5 MVA) is flexible
BG-A4	Filtering units (STOMANA)	14.4 MW night	Reschedulable process (A); Interruptible,:fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Process limits
BG-A5	Foundry (SofiaMed)	7.01 MW, day	Reschedulable process (A)	historical	Manual export from EMS	15-min	Production schedule
BG-A6	Rolling (SofiaMed)	8.77 MW, day	Reschedulable process (A)	historical	Manual export from EMS	15-min	Production schedule/process constraints
BG-A7	Extrusion (SofiaMed)	1.76 MW, day	Reschedulable process (A)	historical	Manual export from EMS	15-min	Production schedule/process constraints
BG-A8	Aluminium estrusion (ETEM Gestamp)	3.39 MW observed maximum, day	Reschedulable process (A); Interruptible,:fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Process limits
BG-A9	Secondary processing (ETEM Gestamp)	1.01 MW observed maximum, day	Reschedulable process (A); Interruptible,:fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Process limits
BG-A10	Additional industrial process group (ETEM Gestamp)	0.82 MW observed maximum, day	Reschedulable process (A); Interruptible,:fixed power	historical	Manual export from EMS	15-min	Exact process designation and process-specific constraints to be confirmed
GR-A1	Extruder motor, PP line (HELLENiQ)	4.67 MW no specific peak period	Reschedulable process (A): Uninterruptible, adjustable power	historical	Manual export from EMS	hourly	Max 1 MW adjustable; process and commercial requirements; varies with PP grade

2.3 Consolidated Pilot-Site Profiles and Flexibility Inventory

The three LEONARDO pilots represent substantially different industrial and energy-system configurations. Their flexibility potential ranges from distributed industrial loads and energy resources within a local distribution area in Italy, through process-based flexibility at two medium-

sized food-industry sites in Austria, to large electricity-intensive industrial processes in Bulgaria and Greece.

The Italian pilot combines a broad portfolio of distributed energy resources, including industrial loads, PV generation, battery storage, an electrolyser and electric mobility assets. Its configuration supports the assessment of both TSO-oriented balancing services and local DSO-level flexibility applications.

The Austrian pilot comprises two industrial sites with different flexibility resources. At Gsellmann, flexibility is primarily associated with milling and other production loads, supported by PV generation and an existing load-management logic. An installed battery storage system is scheduled for commissioning. At Fleischhof Raabtal, the main potential lies in refrigeration and cold storage, where electricity demand can potentially be shifted within defined temperature, hygiene and production limits. DSO-related flexibility is assessed through representative scenarios.

The Bulgarian–Greek pilot has the largest industrial loads. Its flexibility is dominated by the electric steelmaking processes at STOMANA, while the adjustable share of the HELLENiQ ENERGY polypropylene extrusion process is considerably smaller. Compared with the Italian and Austrian pilots, on-site generation and storage play a limited role. The main flexibility potential is therefore associated with the aggregation and market-oriented scheduling of industrial demand.

TABLE 8: CONSOLIDATED PILOT SITE PROFILES AND FLEXIBILITY INVENTORY

Pilot	Industrial context	Main flexibility resources	Energy, control and constraint context
Italian pilot	Industrial consumers within the CEDIS distribution area	Industrial loads, battery energy storage systems (BESS), electrolyser systems, electric vehicle and forklift charging infrastructure, and other controllable distributed energy resources (DERs).	A diverse portfolio of generation and energy storage assets. Flexibility is constrained by process requirements, response-time limitations, storage operating boundaries, and market-access conditions.
Austrian pilot	Feed production at Gsellmann and meat processing with refrigerated storage at Fleischhof Raabtal.	Milling and other production loads, refrigeration systems, thermally flexible cold-storage areas, and battery energy storage.	On-site PV generation is available at both sites, while Gsellmann has an installed battery energy storage system scheduled for commissioning. Data are provided through EVON. Flexibility is constrained by production schedules, available load-shifting windows, temperature limits, hygiene requirements, and cold-chain constraints.
Bulgarian–Greek pilot	Electric steelmaking at STOMANA, copper processing at SofiaMed, aluminium	Electric arc furnaces, ladle furnaces, other melt-shop processes and filtration units at STOMANA;	Flexibility is primarily driven by large industrial loads, while on-site generation and energy storage play a limited role. Key

	processing at ETEM Gestamp and polypropylene production at HELLENiQ ENERGY	foundry, rolling and extrusion at SofiaMed; aluminium extrusion and downstream processing loads at ETEM Gestamp; and the adjustable share of the polypropylene extruder at HELLENiQ ENERGY.	operational constraints are maintaining uninterrupted production, safeguarding product quality and process safety, and accommodating differences in data granularity across the two sites.

Overall, the consolidated inventory shows that the pilots cover a broad spectrum of industrial flexibility, ranging from distributed and storage-supported resources to process-based flexibility in medium-sized and electricity-intensive industries.

3 Pilot-Specific Use Case Modelling

This chapter presents the detailed specification and modelling of the pilot-specific Use Cases. The Use Cases were already defined at project level and were further developed to reflect the specific conditions of the three LEONARDO Pilot Sites.

The modelling focuses on the concrete implementation context of each Use Case. This includes the industrial setting, the market or system context, the actors involved, the required information, the operational sequence and the expected outcome. Relevant technical, operational and regulatory constraints are also considered.

A common structure was applied across all Pilot Sites. This ensures that the Use Cases are described in a consistent and comparable way, while still reflecting the individual characteristics of each pilot and scenario.

3.1 Use Case Modelling Approach and Structure

A common Use Case Modelling Template was developed to guide the detailed specification of the Use Cases across the three Pilot Sites.

The template follows a structured approach and covers the main elements required for a comprehensive Use Case description. Each Use Case is first introduced through its overall objective, scope and expected outcome. The industrial context is then described to show which processes, assets and flexibility resources are relevant in the respective pilot.

The market and system context defines the flexibility mechanism or market setting addressed by the Use Case. The involved actors and their roles are described separately to clarify responsibilities and interactions.

The operational part of the template specifies how the Use Case is initiated and how the process is expected to proceed. It includes the trigger event, required input data, decision logic, expected action and resulting outcome. The systems and information needed for the process are described together with the main technical, operational and regulatory constraints.

Each Use Case is finally summarised through a main scenario that presents the operational sequence from the initial trigger to the expected result.

The modelling approach is supported by principles from IEC 62559 and the Smart Grid Architecture Model (SGAM), which provide a structured basis for describing actors, interactions, information flows and operational processes.

The resulting Use Case specifications provide a common reference for the pilot- and Use Case-specific KPIs presented in Chapter 4.

3.2 Use Case Modelling Results by Pilot

This section will present the detailed modelling results for the use cases of each pilot site. Every use case will be described according to the common structure, while retaining its individual industrial, operational, market and system context.

3.2.1 Pilot Site #1: Italian Pilot

Pilot Use Case Overview

The Italian pilot site is located in the Storo industrial cluster, a multi-industry area served by CEDIS (Consorzio Elettrico di Storo) as the local Distribution System Operator (DSO). CEDIS is a small but strategically relevant DSO that manages a closed distribution network hosting several industrial consumers, renewable energy generation assets (primarily photovoltaic and hydroelectric), and an increasing share of flexible distributed energy resources (DERs) including battery energy storage systems (BESS) and an electrolyzer.

The Italian pilot originally envisaged four Use Cases in the Grant Agreement (GA). These were: **GA-UC#1**, providing flexibility services from aggregated industrial loads and DERs facilitated by the external aggregator Flexcity via its proprietary Grafana-based monitoring and dispatching platform communicating with the TSO; **GA-UC#2**, leveraging iFAAP's aggregation and dynamic dispatching capabilities to offer both energy services (peak shaving, spot price spread) and ancillary services (e.g. BESS to MSD) from DERs including the electrolyzer; **GA-UC#3**, extending the platform capabilities via the iFAAP toolkit to enable future participation in a policy-reformed, DSF-friendly ancillary services market context; and **GA-UC#4**, developing market-driven mechanisms to solve local DSO-level congestion via a local flexibility market, also supported by a TSO–DSO flex data exchange platform.

In the course of the project, the Italian consortium deliberately restructured these four Use Cases into three, with the explicit objective of achieving full coverage of all services originally envisaged while producing a set of Use Cases that is more tailored to the actual assets available at the pilot site, the institutional context of CEDIS as a small local DSO, and the current evolution of the national regulatory framework. The three revised Use Cases are not a reduction in ambition: they consolidate and sharpen the original four into a more coherent and implementable structure. The mapping to the original GA Use Cases is as follows:

- **UC-IT-01** - **Aggregate flexibility from distributed industrial loads and energy resources** covers the aggregation and platform orchestration dimension of GA-UC#1, GA-UC#2, and GA-UC#3. The key departure from the GA is the replacement of the external aggregator Flexcity and its proprietary platform (Grafana) with an internal solution, the FLEXIA platform, developed under the Italian MASE-funded FLEXIA project, operated directly by CEDIS as BSP and aggregator. This shift is more coherent with the pilot scale, avoids dependency on a commercial third party, and strengthens the transferability of the model to similar small-DSO contexts.

- **UC-IT-02** - **Operate in the national balancing market** covers the ancillary services and balancing market participation dimension of GA-UC#2 and GA-UC#3, with a focus on faster-responding resources (BESS, electrolyzer, smart chargers) for frequency restoration and replacement reserve. It provides a simulation-based evidence base for future regulatory engagement, a more realistic approach given CEDIS's current lack of formal BSP status, covering also the TSO–DSO coordination framework originally envisaged in GA-UC#4 via the simulated participation in the Italian MSD/Balancing Market managed by the TSO Terna.
- **UC-IT-03 Operate local flexibility market for DSO grid management** fully subsumes GA-UC#4, extending it with a more complete market design (aligned with the ARERA Resolution 352/2021 LFM framework and active Italian pilots such as EDGE, MiNDFlex, and RomeFlex), and incorporating the wholesale market optimization dimension. The presence of CEDIS as a local DSO with a closed distribution network and direct relationships with connected industrial consumers makes the local flexibility market approach both more natural and more operationally relevant for the Italian Pilot. The revised UC-IT-03 provides a more complete and technically coherent treatment of DSO-level flexibility, including the definition of a simulated market design, the role of CEDIS as both DSO and market operator, and the interaction with wholesale market conditions.

Across all three revised Use Cases, the FLEXIA platform serves as the common technological backbone, in combination with the iFAAP, replacing Flexcity's Grafana platform originally described in the GA. This consolidation reflects both the availability of the FLEXIA platform through the parallel MASE project and the need for a unified, interoperable solution that can serve TSO-level balancing, local DSO-level flexibility, and internal energy management within a single operational environment.

TABLE 9: PILOT #1 – USE CASE OVERVIEW

UC ID	Use Case title	Main focus
UC-IT-01	Aggregate flexibility from distributed industrial loads and energy resources	Provide flexibility services from the aggregation of industrial loads and DERs via FLEXIA platform with CEDIS as BSP/aggregator
UC-IT-02	Operate in the national balancing market	Explore balancing market participation with the focus on faster resources such as BESS and electrolyzer via FLEXIA platform
UC-IT-03	Operate local flexibility market for DSO grid management	Explore local flexibility market creation for demand management aimed at maximizing self-consumption within CEDIS, solving renewable energy curtailment and related grid congestions, via FLEXIA platform

3.2.1.1 UC- IT-01 – Aggregate flexibility from distributed industrial loads and energy resources

Use Case Description - UC- IT-01

UC-IT-01 forms the foundational Use Case of the Italian pilot. Its primary objective is to implement and validate an interoperable aggregation platform, the FLEXIA platform, developed under the Italian MASE-funded FLEXIA project, capable of orchestrating the scheduling and activation of flexibility

services from the diverse industrial assets and DERs located within the CEDIS distribution area. Unlike the original GA formulation, which relied on an external commercial aggregator (Flexcity) and its proprietary platform, UC-IT-01 places CEDIS directly in the role of BSP and aggregator, ensuring full alignment with local grid conditions, cybersecurity requirements, and the regulatory framework governing DSO-level flexibility in Italy. The Use Case is cross-cutting: it provides the common platform infrastructure upon which UC-IT-02 (national balancing market) and UC-IT-03 (local flexibility market) are built. Its expected outcome is a validated, secure and user-friendly platform capable of scheduling and activating flexibility in a coordinated and reliable manner, while respecting the operational constraints of individual industrial processes.

TABLE 10: PILOT #1 - UC- IT-01 KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-IT-01 — Aggregate flexibility from distributed industrial loads and energy resources
Short Description	Operate the FLEXIA platform to orchestrate flexibility scheduling and activation across industrial assets and DERs within the CEDIS area, with CEDIS acting as BSP/aggregator.
Objective / Purpose	Implement an interoperable and comprehensive platform for orchestrating the schedule and activation of flexibility services from different industrial assets and DERs inside the CEDIS area, guaranteeing effectiveness for grid support while respecting industries' core processes and cybersecurity needs.
System Level Addressed	Aggregation platform
Expected Outcome	Validated, secure and user-friendly platform for aggregated flexibility scheduling and activation across multiple industrial assets and DERs within the CEDIS area.

Industrial Context - UC- IT-01

The CEDIS distribution area hosts a set of industrial consumers with heterogeneous processes and energy profiles, creating a complementary flexibility portfolio. Assets include batch-process manufacturers (e.g. mechanical manufacturing), continuous process industries, BESS installations, a hydrogen electrolyzer, and smart-charging infrastructure for electric vehicles and forklifts. The diversity of assets, combining slow-responding thermal and production processes with fast-responding electrochemical storage, is a key feature of the pilot and a central object of the aggregation exercise.

TABLE 11: PILOT #1 - UC- IT-01 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information

Industrial Sector	Mixed industrial cluster: discrete manufacturing with batch processes; continuous process industry; energy storage and hydrogen production.
Main Relevant Industrial Processes	Cooling / heating / production lines / BESS operation / electrolyzer operation / smart EV and forklift charging / furnaces
Main Flexible Energy-Consuming Processes	Cooling / heating / production lines / BESS charge-discharge / electrolyzer modulation / smart EV and forklift charging / furnaces
Flexibility Scale	Single asset (to be aggregated via FLEXIA platform across the CEDIS area).
Control Level	EMS-based (individual asset EMS interfaced with FLEXIA platform; installed and configured by EMS providers MAPS, Ecoenerg and Polytec).

Market and System Context - UC- IT-01

UC-IT-01 operates across multiple mechanism categories, as the FLEXIA platform is designed to serve all three market contexts addressed by the Italian pilot: internal bilateral contracts between CEDIS and industrial consumers, wholesale market participation, national balancing and ancillary service markets, and the local flexibility market within the CEDIS grid. The trigger for platform operation combines flexibility forecasting, scheduling, and activation signals, reflecting the full operational cycle from day-ahead planning to near-real-time dispatch. The maturity level is simulated, the FLEXIA platform in under development within MASE-founded FLEXIA project. The UC-IT-01 value proposition builds upon cost reduction for CEDIS and industrial users via self-consumption maximisation, grid service payments in exchange for grid support and market remuneration from balancing and wholesale markets.

TABLE 12: PILOT #1 - UC- IT-01 KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Internal (bilateral contracts CEDIS–industries) / Wholesale / Balancing / Ancillary / Congestion (local flexibility market on CEDIS grid).
Target Market	DAM / Balancing / Local Flexibility Market (MLF).
Trigger Category	Flexibility forecast / flexibility schedule / flexibility activation signal.
Maturity Level	Simulated (platform under development within the MASE FLEXIA project; pilot will validate platform performance in simulation).
Primary Value Driver	Savings / Revenue / Grid Support / Self-consumption maximisation
Revenue / Benefit Stream	Cost reduction for CEDIS and industrial users / Market remuneration from balancing and wholesale markets / Grid service payments.

Use Case Actors - UC- IT-01

Industrial sites (Innova, Polytec and **Poncial):** Provide flexible loads and DERs to the FLEXIA platform. Each site exposes its available flexibility and operational constraints through its local EMS, which communicates directly with the platform.

CEDIS (local DSO and BSP/aggregator): Identifies grid needs and market opportunities, operates the FLEXIA platform, schedules and activates flexibility across the aggregated portfolio. CEDIS replaces the role originally envisaged for the external aggregator Flexcity, internalizing aggregation within the DSO and ensuring coherence with local grid management.

Maps Energy + FBK: Responsible for developing the FLEXIA platform in line with stakeholder requirements and cybersecurity recommendations.

Ecoenerg / Polytec (EMS providers): Install and configure the EMS systems on individual industrial assets, ensuring direct and standardised communication between assets and the FLEXIA platform.

Use Case Operation - UC- IT-01

UC- IT-01 operation is structured around three operational phases: forecasting and scheduling (day-ahead), optimisation and pre-qualification, and near-real-time activation. The platform continuously receives data from industrial EMSs, generation forecasts, and market signals, and performs multi-objective optimization to generate flexibility schedules. Upon receiving an activation signal (from CEDIS as DSO, or from the national TSO), the platform performs a multi-objective optimisation to identify the most suitable flexibility strategy while considering the operational conditions of the available assets. It then sends activation setpoints to the individual asset Energy Management Systems (EMSs), which control the corresponding physical assets. The resulting flexibility actions may include load shifting or reduction, process rescheduling, BESS charging or discharging, and electrolyzer modulation, with the expected outcome of planning flexibility in advance and successfully activating it when required by grid or market conditions.

TABLE 13: PILOT #1 - UC- IT-01 USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Grid signal (e.g. PV curtailment event) / generation and market forecast / ancillary service request from the national grid (Terna).
Input Data / Variables	Industrial sites' production schedules and near-real-time consumption data; generation forecasts and near-real-time data; grid flux forecasts and near-real-time measurements; day-ahead and balancing market price forecasts.
Decision Logic	The FLEXIA platform performs multi-objective optimisation based on received data and sends activation setpoints to individual asset EMSs, which control the physical assets.
Expected Action	Load shift / load reduction / process rescheduling / BESS charging or discharging / electrolyzer modulation.
Expected Outcome	Flexibility planned in advance and successfully activated when required.

Systems, Data and Constraints

Systems involved: FLEXIA aggregation and optimisation platform (MASE project); local EMS systems on individual industrial assets (MAPS, Ecoenerg, Polytec); SCADA systems; forecasting tools for generation and load; market platform interfaces (GME for national markets-MLF, Piclo or equivalent for local market).

Information used: Real-time and forecast consumption data per asset; PV and other generation forecasts; grid flux measurements at CEDIS boundary; day-ahead market prices; balancing market signals; asset-level operational constraints and schedules.

Technical and operational constraints: Capacity limits per asset; thermal process temperature bounds; BESS state-of-charge and cycling limits; maximum duration for a new setpoint; minimum response time for fast resources; production schedule continuity requirements; comfort requirements for heating and cooling processes; cybersecurity and data privacy requirements for platform communications.

Market and regulatory constraints: Balancing market access conditions for CEDIS as BSP; bilateral contractual arrangements between CEDIS and industrial consumers; compliance with GDPR and NIS2 for platform data handling.

Main Use Case Scenario

Trigger: CEDIS detects an upcoming grid constraint or receives a market signal (e.g. PV overproduction forecast, high wholesale prices).

Assessment: The FLEXIA platform collects near-real-time and forecast data from all connected assets and the grid and evaluates the aggregate flexibility available across the portfolio.

Decision: The platform performs optimisation and generates a flexibility schedule, selecting resources based on availability, response speed, and cost. CEDIS reviews and confirms the schedule.

Activation: Upon receiving an activation signal (from CEDIS DSO or from Terna), the platform dispatches setpoint commands to individual asset EMSs. Assets respond by adjusting load or generation within their operational constraints.

Monitoring and result: The platform monitors the flexibility response from each asset. Results are logged and used for settlement, reporting, and KPI verification.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Operate in the national balancing market

Use Case Description - UC-IT-02

UC-IT-02 focuses on the simulated participation of CEDIS, acting as BSP, in the national balancing and ancillary services market operated by the TSO through the balancing market MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) and UVAM mechanism (Unità Virtuali Abilitate Miste - groups of electricity production and consumption plants managed together by an aggregator). Building on the aggregation infrastructure established in UC-IT-01, this Use Case prioritises fast-responding resources, in particular the BESS installation, the electrolyzer, and smart EV/forklift chargers, which

are capable of providing frequency restoration services (response within 5–15 minutes) and, for slower industrial loads, replacement reserve services (response within 30–60 minutes). This Use Case is explicitly designed as a simulation, reflecting the current regulatory context in Italy: CEDIS, as a small local DSO, faces minimum bid threshold and prequalification barriers for direct MSD participation. The simulation will quantify the potential value of the aggregated CEDIS portfolio for national balancing support and TSO-DSO coordination as well as provide a validated evidence base for future regulatory engagement.

TABLE 14: PILOT #1 - UC-IT-02 KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-IT-02 — Operate in the national balancing market
Short Description	Simulate CEDIS participation in the national MSD/balancing market operated by the TSO (potentially via UVAM mechanisms), with focus on fast-response resources (BESS, electrolyzer, smart chargers) for frequency restoration and replacement reserve services.
Objective / Purpose	Offer the aggregated flexibility from the FLEXIA Platform to TSO through MSD/UVAM dispatching mechanisms with CEDIS as simulated BSP, focusing on resources able to provide faster response for frequency restoration (5–15 min) and replacement reserve for slower resources (30–60 min).
System Level Addressed	Aggregation platform / national grid operation / balancing market.
Expected Outcome	Validated potential flexibility contribution from the CEDIS aggregate for national ancillary services, with quantified revenue scenarios and identification of technical and regulatory barriers to real participation.

Industrial Context - UC-IT-02

UC-IT-02 draws on the same asset base as UC-IT-01, but with a deliberate prioritization of assets with faster and more controllable response profiles. The BESS and electrolyzer are the primary resources for frequency restoration services, given their ability to respond within seconds to minutes. Smart EV/forklift chargers' flexibility potential will be also explored. Industrial loads with thermal inertia (heating, cooling) and production lines with buffer capacity are considered for slower replacement reserve services.

TABLE 15: PILOT #1 - UC-IT-02 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Mixed industrial cluster: priority to fast-responding assets: BESS, electrolyzer, smart EV/forklift chargers; secondary role for thermal and production loads.
Main Relevant Industrial Processes	BESS charge/discharge / electrolyzer modulation / smart EV and forklift charging / cooling and heating processes / production lines.

Main Flexible Energy-Consuming Processes	BESS / electrolyzer / smart chargers (primary); cooling, heating, production lines (secondary).
Flexibility Scale	Single asset (aggregated via FLEXIA platform for joint TSO offer).
Control Level	EMS-based (individual asset EMSs dispatch setpoints received from FLEXIA platform in near-real-time).

Market and System Context - UC-IT-02

The relevant market mechanism is the Italian national Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD), including the UVAM (Unità Virtuale Abilitata Mista) scheme that allows aggregated distributed resources to participate as virtual units in the ancillary services provision requested by the TSO TERNA. The UC has a simulated maturity level for validating the potential of future participation, since CEDIS does not yet hold BSP status, and builds upon revenues for the participants via grid service payments from the TSO in exchange for grid support services.

TABLE 16: PILOT #1 - UC-IT-02 KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Balancing / Ancillary services (national TSO level).
Target Market	MSD / UVAM (national balancing market, TSO).
Trigger Category	Ancillary service request from the national grid (TSO activation signal).
Maturity Level	Simulated (CEDIS does not yet hold BSP status; simulation validates potential and informs future participation).
Primary Value Driver	Revenue / Grid Support.
Revenue / Benefit Stream	Grid service payments from TSO (simulated MSD/UVAM remuneration for CEDIS and participating industrial sites).

Use Case Actors - UC-IT-02

Industrial sites (Innova, Polytec and Poncial): Provide flexible loads and fast-responding assets (BESS, electrolyzer, smart chargers) to the FLEXIA platform for national balancing purposes.

CEDIS (BSP/aggregator, simulated): Operates the FLEXIA platform in BSP mode, aggregates the flexibility portfolio, submits offers to the national market (in simulation), and manages activation commands.

Terna / GME: Terna (national TSO) buys the offered flexibility for its dispatching activity (through GME platform).

Use Case Operation - UC-IT-02

UC-IT-02 is initiated upon receipt of an ancillary service request from the national grid through a TSO activation signal. The FLEXIA platform processes the request using industrial sites' schedules and near-real-time operational data, generation forecasts and measurements, grid flux forecasts, and balancing market forecasts and historical activation data from the TSO. Based on these inputs, the platform optimizes the available fast-responding flexibility resources and determines the most suitable combination of actions, sending activation setpoints to the individual Energy Management Systems (EMSs), while CEDIS confirms the dispatch acting as the simulated Balance Service Provider (BSP). The expected flexibility actions include load reduction, BESS charging or discharging, electrolyzer modulation, and smart charger curtailment. As a result, the selected resources are activated in response to the TSO request, providing the required flexibility to the simulated national grid dispatch.

TABLE 17: PILOT #1 - UC-IT-02 USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Ancillary service request from the national grid (TSO activation signal).
Input Data / Variables	Industrial sites' schedules and near-real-time data; generation forecasts and near-real-time data; grid flux forecasts; balancing market forecasts and historical activation data from TSO.
Decision Logic	FLEXIA platform performs optimization among available fast-responding resources and sends activation setpoints to individual EMSs. CEDIS confirms dispatch as simulated BSP.
Expected Action	Load reduction / BESS discharging or charging / electrolyzer modulation / smart charger curtailment.
Expected Outcome	Flexibility activated and provided to the simulated national grid dispatch.

Systems, Data and Constraints - UC-IT-02

Systems involved: FLEXIA platform; individual asset EMSs; SCADA systems; forecasting tools; GME market interface (for MSD participation in simulation); historical TSO dispatch data for signal replication.

Information used: Near-real-time asset consumption and state-of-charge data; generation forecasts; balancing market price and volume forecasts; TSO dispatch signals (simulated).

Technical and operational constraints: BESS cycling and state-of-charge limits; electrolyzer minimum stable load and ramp rates; process continuity requirements for industrial loads; fast response latency limits; minimum bid threshold for MSD participation.

Market and regulatory constraints: CEDIS does not currently hold BSP prequalification with TSO, participation is therefore simulated. Bilateral contractual arrangements with industrial consumers govern flexibility obligations and remuneration.

Main Use Case Scenario - UC-IT-02

Trigger: The FLEXIA platform receives a simulated TSO activation signal, requesting upward or downward regulation from the CEDIS virtual unit.

Assessment: The platform evaluates the near-real-time status of all fast-responding assets (BESS state-of-charge, electrolyzer load, smart charger availability) and estimates the total activable flexibility volume.

Decision: The optimiser selects the most appropriate combination of assets to fulfil the request within tolerance bands, prioritising BESS and electrolyzer for fast response, and slower loads for replacement reserve.

Activation: The platform dispatches setpoint commands to individual asset EMSs. Assets respond within the required timeframe (5–15 min for fast resources; 30–60 min for slower loads).

Monitoring and result: The platform logs the activation response and compares it against the requested volume and tolerance bands. Simulated MSD revenues are calculated based on applicable market rules. Gaps and partial fulfilments are recorded for analysis.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Operate local flexibility market for DSO grid management

Use Case Description - UC-IT-03

UC-IT-03 focuses on the simulation of a local flexibility market (LFM) within the CEDIS distribution grid, using the FLEXIA platform as the operational backbone. This Use Case is directly aligned with the rapidly evolving Italian regulatory context for DSO-level flexibility, in particular ARERA Resolution 352/2021 and the active LFM pilot projects (EDGE, MiNDFlex, RomeFlex) that are testing market-based mechanisms for congestion management and RES curtailment reduction at distribution level. The specific context of CEDIS, a small, closed distribution network with significant renewable generation (PV), growing storage and electrolyzer assets, and several industrial consumers, makes it a particularly relevant testbed for local flexibility market design. The main operational objectives are: maximizing self-consumption within the CEDIS grid (reducing both import and export at the interconnection point with the national grid); solving PV curtailment events that arise from local network constraints; and optimizing the economic conditions of CEDIS's wholesale market exchanges. UC-IT-3 expected outcomes encompass the validated of a simulated local flexibility market operation within a small DSO context and the impact quantification on self-consumption, curtailment reduction, grid congestion relief, and wholesale market cost optimization.

TABLE 18: PILOT #1 - UC-IT-03 KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-IT-03 — Operate local flexibility market for DSO grid management
Short Description	Simulate a local flexibility market within the CEDIS grid to maximize self-consumption, solve RES curtailment, relieve local congestion, and optimize wholesale market exchanges, via the FLEXIA platform.

Objective / Purpose	Simulate a local flexibility market for demand management aimed at maximizing self-consumption within the CEDIS grid, solving renewable energy curtailment and related grid congestions, and optimizing exchanges on the wholesale market, with CEDIS acting as both DSO and market operator.
System Level Addressed	Distribution grid operation / aggregation platform / local market.
Expected Outcome	Validated simulation of local flexibility market operation within a small DSO context; quantified impact on self-consumption, curtailment reduction, grid congestion relief, and wholesale market cost optimization.

Industrial Context - UC-IT-03

The same asset base as UC-IT-01 and UC-IT-02 is involved, with all asset types relevant to this Use Case. The complementarity between load-increasing flexibility (absorbing excess PV generation, reducing exports) and load-decreasing flexibility (reducing imports when wholesale prices are high or when local constraints require it) is a key design feature of the local market.

TABLE 19: PILOT #1 - UC-IT-03 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Mixed industrial cluster: all assets within the CEDIS area, including manufacturers, BESS, electrolyzer, and smart chargers.
Main Relevant Industrial Processes	Cooling / heating / production lines / BESS charge-discharge / electrolyzer / smart EV and forklift charging / furnaces.
Main Flexible Energy-Consuming Processes	All the above both upward flexibility (load reduction / storage discharge) and downward flexibility (load increase / storage charge / electrolyzer ramping up) are relevant.
Flexibility Scale	Single asset (aggregated via FLEXIA platform for local market dispatch).
Control Level	EMS-based (asset EMSs receive setpoints from FLEXIA platform upon CEDIS activation).

Market and System Context - - UC-IT-03

The local flexibility market simulated in UC-IT-03 is structured in line with the Italian LFM framework emerging from ARERA Resolution 352/2021 and the active pilot projects. CEDIS acts simultaneously as DSO (identifying grid needs) and as local market operator (receiving flexibility offers from industrial BSPs and activating them in merit order). The market design includes forward scheduling (day-ahead) and near-real-time activation, triggered by grid signals or wholesale market conditions.

The Use Case also accounts for the dual nature of flexibility needs within the CEDIS grid: upward flexibility (load reduction or storage discharge) is needed during periods of high wholesale prices or grid import constraints, while downward flexibility (load increase, storage charge, electrolyzer ramping) is needed during periods of excess local PV generation to avoid curtailment and related grid congestions. UC-IT-03 value proposition builds upon cost reduction in wholesale electricity market for CEDIS and self-consumption maximisation, grid service payments via simulated LFM remuneration in exchange for grid support services and consequent revenues and savings for industrial users.

TABLE 20: PILOT #1 - UC-IT-03 KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Internal (bilateral contracts CEDIS–industries) / Congestion management (local flexibility market within CEDIS grid).
Target Market	Local Flexibility Market (MLF, simulated) / DAM (for wholesale market optimisation).
Trigger Category	Grid constraint signal (PV curtailment, local congestion) / wholesale market price signal (high import costs or export surplus).
Maturity Level	Simulated (aligned with emerging Italian LFM regulatory framework; CEDIS does not yet operate a formal LFM).
Primary Value Driver	Savings / Revenue / Grid Support / Self-consumption maximisation.
Revenue / Benefit Stream	Cost reduction in wholesale market for CEDIS / Grid service payments (simulated LFM remuneration) / Revenues and savings for industrial users.

Use Case Actors - UC-IT-03

Industrial sites (Innova, Polytec and Poncial): Offer flexibility services (upward and downward) to CEDIS through the FLEXIA platform, under bilateral contracts and the simulated participation to LFM. Each site submits availability and activation bids based on its operational constraints and cost structure.

CEDIS (DSO and BSP): Identifies grid constraints and market needs, receives flexibility offers through the FLEXIA platform, selects resources in merit order, and activates flexibility when needed. CEDIS is uniquely positioned to act as both DSO and BSP given its closed network structure and direct relationship with connected industrial consumers.

GME / Piclo (market platform interfaces): Provide the market-side infrastructure for offer submission and settlement in the simulated local flexibility market. In the future real-market context, GME could manage the MLF auctions (in line with the ARERA 372/2023 framework), or conversely Piclo Flex as the potential platform intermediary.

Use Case Operation - UC-IT-03

UC-IT-03 is initiated by a flexibility service request from CEDIS, triggered either by renewable energy curtailment, requiring downward flexibility through increased load, or by high wholesale market import prices or local grid congestion, requiring upward flexibility through load reduction. The FLEXIA platform combines industrial sites' schedules and near-real-time operational data with PV and generation forecasts and measurements, grid flux forecasts and near-real-time measurements at the CEDIS boundary, and day-ahead market price forecasts. Based on these inputs, the platform optimizes the available flexibility resources according to grid and market conditions and selects them in merit order based on ascending activation cost. CEDIS then confirms and triggers the activation, with FLEXIA sending the corresponding setpoints to the selected assets. The expected actions include load shifting, load increase to absorb otherwise curtailed renewable generation, load reduction to address congestion or high-price events, BESS charging or discharging, and process rescheduling. The resulting flexibility is provided to CEDIS to increase self-consumption within its grid, mitigate renewable energy curtailment and related congestion, and optimize exchanges with the wholesale electricity market.

TABLE 21: PILOT #1 - UC-IT-03 KEY USE CASE SPECIFIC INFORMATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Flexibility service request from CEDIS due to: (a) RES curtailment (downward required - load increase); or (b) high wholesale market import prices or local grid congestion (upward flexibility required - load reduction).
Input Data / Variables	Industrial sites' schedules and near-real-time data; PV and generation forecasts and near-real-time data; grid flux forecasts and near-real-time measurements at CEDIS boundary; day-ahead market price forecast.
Decision Logic	FLEXIA platform performs optimization based on grid and market conditions and selects resources in merit order (ascending activation cost). CEDIS confirms and triggers activation.
Expected Action	Load shift / load increase (for curtailment absorption) / load reduction (for congestion or high-price events) / BESS charging or discharging / process rescheduling.
Expected Outcome	Flexibility activated and provided to CEDIS for maximizing self-consumption within CEDIS grid, solving renewable energy curtailment and related grid congestions, optimizing the exchanges on the wholesale market.

Systems, Data and Constraints

Systems involved: FLEXIA platform; individual asset EMSs; SCADA system at CEDIS; forecasting tools for PV generation, load, and market prices; GME/Piclo market interface (for simulated LFM operation); market platform interfaces.

Information used: Asset-level real-time and forecast consumption data; PV generation forecast and near-real-time output; grid flux measurements at CEDIS interconnection point; wholesale market prices (DAM); flexibility offers from industrial sites (capacity, price, availability).

Technical and operational constraints: Capacity limits per asset; BESS state-of-charge and cycling constraints; electrolyzer minimum load and ramp rates; process temperature bounds for thermal loads; maximum setpoint duration; cybersecurity requirements for remote activation.

Market and regulatory constraints: Bilateral contractual arrangements between CEDIS and industrial consumers (defining flexibility obligations, remuneration, and penalties); wholesale market conditions for CEDIS (deficit priced differently from surplus in the Italian GME market); absence of a formal LFM mechanism for CEDIS (simulation required).

Main Use Case Scenario

Trigger: CEDIS detects an upcoming PV overproduction event (excess local generation likely to exceed grid export limits) or a high wholesale price period (import cost optimisation opportunity). The FLEXIA platform is notified and initiates the scheduling cycle.

Assessment: The platform collects near-real-time and forecast data from all assets and the grid boundary and evaluates the upward or downward flexibility available across the portfolio.

Decision: The platform selects resources in merit order, matching flexibility offers from industrial sites with the specific grid need (direction, volume, timing). CEDIS confirms the activation plan.

Activation: CEDIS issues an activation signal. The FLEXIA platform dispatches setpoint commands to individual asset EMSs. Assets respond by increasing or reducing their load within operational constraints.

Monitoring and result: The platform monitors the flexibility response from each asset and verifies fulfilment against the requested direction and volume. Results are logged for settlement under bilateral contracts and for KPI reporting. Residual gaps trigger countermeasures from other available resources.

3.2.2 Pilot Site #2: Austrian Pilot

Pilot Use Case Overview

The Austrian pilot investigates how the flexibility of two industrial sites in Southeastern Styria can be used more effectively under different energy-market and energy-system conditions. The pilot comprises Gsellmann Mischfuttererzeugung, a feed-production company with electricity-intensive milling and production processes, and Fleischhof Raabtal, a meat-processing company whose electricity demand is strongly influenced by continuous refrigeration and cold-storage requirements.

In the Austrian pilot overall three Use Cases address complementary aspects of industrial flexibility. The first Use Case - UC-AT-01 - focuses on the flexible response of industrial electricity consumption to dynamic electricity prices based on Day-Ahead Market prices. It considers how the identified flexibility of industrial processes, together with on-site PV generation and available storage, could be used to shift electricity consumption to more favourable periods.

The second Use Case - UC-AT-02 - explores the development of a possible future distribution-level flexibility market in Austria. Since no such market currently exists, the Use Case investigates how industrial flexibility could potentially contribute to distribution-grid congestion relief and improved integration of renewable generation within a possible future DSO market.

The third Use Cases - UC-AT-03 - extends this perspective by examining the potential coordination of industrial flexibility between the possible future DSO-level mechanism addressed in UC-AT-02 and existing TSO-level flexibility mechanisms.

The approach differs between the three Use Cases. UC-AT-01 is linked to the analysis of industrial flexibility in response to dynamic Day-Ahead prices. UC-AT-02 and UC-AT-03 are primarily exploratory and information-based because no DSO flexibility market currently exists in Austria and direct participation of the individual pilot sites in TSO flexibility markets is not assumed. These Use Cases therefore combine research into relevant market and regulatory conditions, knowledge exchange with LEONARDO partners, the definition and assessment of representative scenarios, and feedback from the Austrian pilot ecosystem. Their expected results are assessed concepts and practical recommendations rather than actual DSO or TSO market activations.

TABLE 22: PILOT #2: USE CASE OVERVIEW

UC ID	Use Case title	Main focus
UC-AT-01	Explore diverse energy market participation strategies in Austria	Explore the flexible response of industrial electricity consumption to dynamic prices based on Day-Ahead Market prices, considering available process flexibility, on-site PV generation and storage.
UC-AT-02	Distribution-level flexibility market design	Explore how industrial flexibility could contribute to congestion relief within a possible future distribution-level flexibility market in Austria.
UC-AT-03	Multi-Level Flexibility Coordination	Assess how industrial flexibility could potentially be coordinated between a possible future DSO-level flexibility mechanism and existing TSO-level flexibility mechanisms.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Explore Diverse Energy Market Participation Strategies in Austria

Use Case Description - UC-AT-01

UC-AT-01 investigates how the available flexibility of the two Austrian industrial sites could be used more economically in response to dynamic electricity prices based on Day-Ahead Market prices. Particular attention is given to the coordination of flexible industrial consumption with Day-Ahead price signals, on-site PV generation and available storage or storage-like flexibility.

At Gsellmann, the assessment focuses on coordinating milling and other shiftable production loads with market prices, PV availability and the future operation of the battery storage system. At Fleischhof Raabtal, the main potential lies in adapting refrigeration operation within the applicable temperature, hygiene and cold-chain limits, for example through pre-cooling during favourable price or PV-generation periods.

The Use Case does not require automatic market bidding or direct remote control of the industrial equipment. Its expected result is an evidence-based comparison of feasible operating strategies and corresponding recommendations for the industrial sites.

TABLE 23: PILOT #2 - UC-AT-01: KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-AT-01 – Explore Diverse Energy Market Participation Strategies in Austria
Short Description	Assess the flexibility of industrial electricity consumption in response to dynamic electricity prices based on Day-Ahead Market prices, taking into account the available flexibility of industrial consumers.
Objective / Purpose	Analyse how the available flexibility of industrial sites can be optimised in response to Day-Ahead price signals, with particular emphasis on the effective utilisation of on-site PV generation and available energy storage.
System Level Addressed	Industrial process / market
Expected Outcome	Identification of suitable operating strategies based on the actual flexibility characteristics of the relevant processes, including a quantification of the potential for electricity cost reduction, increased PV self-consumption, and more effective utilisation of available storage and storage-like flexibility.

Industrial Context - UC-AT-01

The Use Case covers two food-related industrial sectors with different flexibility characteristics.

Gsellmann operates an electricity-intensive feed-production facility. Milling and grinding represent particularly relevant loads, while additional flexibility may be available in associated production and conveying processes. The existing load-management logic already prioritises or temporarily reduces selected loads to remain within the contracted grid-connection capacity. Mills can, within process limits, be moved between loaded, unloaded and switched-off states. However, flexibility is generally limited to shorter periods because production orders, customer demand and process continuity remain the primary operational priorities.

At Fleischhof Raabtal, refrigeration and cold storage are required continuously to maintain product quality, hygiene and food safety. Flexibility can therefore only be obtained within the permitted temperature ranges and thermal inertia of the refrigerated areas. Potential strategies include pre-cooling before periods of high electricity prices or reducing refrigeration demand during short unfavourable periods, provided that the specified temperature limits are maintained.

TABLE 24: PILOT #2 - UC-AT-01: KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Feed production – Gsellmann Mischfuttererzeugung; meat processing with continuous refrigeration – Fleischhof Raabtal

Main Relevant Industrial Processes	Gsellmann: grain intake, drying, milling, mixing, conveying and silo operation. Fleischhof Raabtal: slaughtering and meat processing, cold storage, continuous refrigeration, ventilation and processing lines
Main Flexible Energy-Consuming Processes	Gsellmann: milling and grinding. Fleischhof Raabtal: refrigeration compressors, pre-cooling and cold storage
Flexibility Scale	Single asset / industrial site
Control Level	Existing asset and site-level control systems, supported by energy management and load-management functions

Market and System Context - UC-AT-01

UC-AT-01 addresses the flexible response of industrial electricity consumption to dynamic prices based on Day-Ahead Market prices. The principal external trigger is the development of electricity prices for the following day. PV-generation forecasts, production schedules, process conditions and storage availability determine whether and to what extent the identified price-related opportunities can be used.

The Use Case assesses how flexible loads could be shifted from periods with higher prices to periods with lower prices or greater availability of on-site PV generation. For Gsellmann, the battery storage system introduces an additional option for shifting electricity use over time once it is operational and the required operating data are available. At Fleischhof Raabtal, refrigeration and cold storage can provide storage-like flexibility through their thermal inertia, subject to the defined temperature limits.

TABLE 25: PILOT #2 - UC-AT-01: KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Wholesale market / internal energy optimisation
Target Market	Day-Ahead Market
Trigger Category	Price / forecast / schedule
Maturity Level	Existing / simulated
Primary Value Driver	Savings / learning
Revenue / Benefit Stream	Cost reduction / improved PV self-consumption / improved use of storage flexibility

Use Case Actors - UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Provides information on production, electricity-consumption, PV, storage and process and assesses whether proposed operating changes are compatible with production requirements.

Fleischhof Raabtal: Provides electricity, refrigeration, temperature, PV and process information, defines cold-chain, hygiene and production limits and assesses the operational feasibility of pre-cooling or other adjustments to refrigeration operation.

EVON: Provides the required industrial energy and process data from the pilot sites and ensures that relevant information is available for the analysis. As its systems are installed at the industrial sites, EVON also contributes knowledge of the existing control and load-management logic.

LEONARDO / iFAAP: Analyses the available industrial flexibility and evaluates alternative operating strategies considering Day-Ahead price signals, PV generation, storage options and process constraints. Based on this assessment, optimisation options and recommendations are generated.

EEE and the Austrian pilot ecosystem partners: Coordinate the Use Case, interpret and discuss the analysis results, obtain feedback from the industrial sites and translate the findings into practical recommendations.

Use Case Operation - UC-AT-01

The Use Case is intended to assess how the available industrial flexibility could be used in response to Day-Ahead electricity prices. Relevant price, energy and process information will provide the basis for comparing possible operating strategies with the reference operation.

Technical and operational constraints will be considered in the assessment. The results are expected to identify feasible optimisation options and support the development of recommendations for the industrial sites. Feedback from the sites will be used to further refine these recommendations.

TABLE 26: PILOT #2 - UC-AT-01: USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Day-Ahead electricity price signals and relevant price variations
Input Data / Variables	Historical electricity demand, PV generation, storage information, process data and defined technical and operational constraints
Decision Logic	Assessment of which flexible assets could respond to the Day-Ahead price signals within their defined operating constraints
Expected Action	Identification of potential load shifts and suitable flexible assets
Expected Outcome	Recommendations on how the identified flexible assets could reduce electricity costs and improve the use of on-site PV generation and available flexibility

Systems, Data and Constraints - UC-AT-01

Systems involved: EVON data interfaces, LEONARDO/iFAAP components and Day-Ahead market-data sources.

Information used: Historical and regularly updated load and process data, PV and storage information, Day-Ahead prices and defined flexibility limits.

Technical and operational constraints: Production schedules and load-management priorities at Gsellmann; temperature, cold-chain, hygiene and processing requirements at Fleischhof Raabtal.

Market and regulatory constraints: The economic benefit depends on the electricity-supply arrangements and their linkage to Day-Ahead prices.

Main Use Case Scenario - UC-AT-01

Trigger: Day-Ahead prices indicate comparatively favourable or unfavourable price periods for the following day.

Assessment: Industrial load, PV, storage and process data will be used to assess which flexible assets could respond to the price signals within their technical and operational constraints.

Decision: Potential operating options are compared with the reference operation regarding electricity costs, PV self-consumption, storage utilisation and operational feasibility.

Activation: Feasible options are translated into recommendations for the industrial sites.

Monitoring and result: The potential effects on electricity consumption, costs and PV self-consumption are quantified. Feedback from the industrial sites supports the refinement of the assumptions and recommendations.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Distribution-Level Flexibility Market Design

Use Case Description - UC-AT-02

UC-AT-02 will explore how industrial flexibility could contribute to congestion relief within a future distribution-level flexibility market in Austria. It will address distribution-grid challenges arising from increasing peaks in both decentralised electricity generation and electricity demand. Better coordination of flexible industrial consumption with periods of high renewable generation could help reduce both grid-import and grid-export peaks and support a more efficient use of the available grid capacity.

As no established DSO flexibility market currently exists in Austria, the Use Case will consider representative future market and grid scenarios. These scenarios will be combined with information on the flexibility available at the two industrial sites to assess how potential grid needs could be translated into flexibility requests and matched with suitable industrial responses.

An important purpose of the Use Case is to raise awareness among the industrial sites of the growing relevance of grid-related flexibility. While their current economic focus is primarily on electricity prices, the Use Case will bring possible future DSO-level requirements and market mechanisms into the discussion at an early stage. This will encourage the industrial sites to consider grid-related flexibility in their future energy-management and investment decisions.

The assessment will draw on relevant market concepts, scenario parameters and analytical results developed within LEONARDO. Feedback from the pilot ecosystem will support the evaluation of their applicability to the Austrian context. The expected result is a proposed approach describing how

industrial flexibility could potentially be requested and used in a future DSO-level flexibility mechanism, together with recommendations to support the early preparation of the industrial sites.

TABLE 27: PILOT #2 - UC-AT-02: KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-AT-02 – Distribution-Level Flexibility Market Design
Short Description	Explore the development of a new market design for distribution-level flexibility in the Austrian ecosystem with the objective of relieving distribution-grid congestion.
Objective / Purpose	Assess how industrial flexibility could respond to representative future DSO-level needs and contribute to the reduction of distribution-grid congestion.
System Level Addressed	Industrial process / DSO market
Expected Outcome	A proposed and assessed DSO-level flexibility mechanism describing how local grid needs could be translated into flexibility requests, matched with available industrial flexibility and communicated to the participating industrial sites.

Industrial Context - UC-AT-02

The industrial resources considered in UC-AT-02 are the same principal flexible processes identified for UC-AT-01. However, their potential purpose changes from responding to electricity prices to contributing to a possible future distribution-grid flexibility request.

At Gsellmann, temporary load reduction or shifting of milling and related production loads could potentially contribute to a local flexibility request. The existing internal load-management system provides relevant practical experience because it already coordinates equipment to remain within the contracted grid-connection capacity. Nevertheless, any external flexibility provision would have to remain subordinate to production obligations and customer orders.

At Fleischhof Raabtal, refrigeration and cold storage may provide limited time-shifting potential through thermal inertia and pre-cooling. Any response to a possible future DSO-market request would have to remain within the defined temperature ranges and could not jeopardise the cold chain. The duration and volume of available flexibility would therefore depend on the actual operating and temperature conditions when a request occurs.

TABLE 28: PILOT #2 - UC-AT-02 - KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Feed production – Gsellmann Mischfuttererzeugung; meat processing with continuous refrigeration – Fleischhof Raabtal

Main Relevant Industrial Processes	Gsellmann: grain intake, drying, milling, mixing, conveying and silo operation. Fleischhof Raabtal: slaughtering and meat processing, cold storage, continuous refrigeration, ventilation and processing lines.
Main Flexible Energy-Consuming Processes	Gsellmann: milling and grinding and other shiftable production loads where operationally feasible. Fleischhof Raabtal: refrigeration compressors and pre-cooling of frozen-storage rooms, cooling rooms and temperature-controlled working areas.
Flexibility Scale	Single asset / site
Control Level	Asset and site-level control, potentially supported by existing energy Existing asset and site-level control systems, supported by energy management and load-management functions.

Market and System Context - UC-AT-02

UC-AT-02 addresses congestion management and renewable-energy integration within a possible future distribution-level flexibility market. Representative scenarios will be used to assess potential distribution-level flexibility needs and possible industrial responses.

The Use Case will explore how industrial flexibility could contribute to a future distribution-level flexibility mechanism and what potential benefits could result. As no such market currently exists in Austria, the assessment will be conceptual and scenario-based.

TABLE 29: PILOT #2 - UC-AT-02: KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Congestion management
Target Market	Possible future Local Flexibility / DSO market
Trigger Category	Grid / request
Maturity Level	Future / simulated
Primary Value Driver	Grid support / reliability / learning
Revenue / Benefit Stream	Potential future grid-service payments / congestion relief / improved RES integration

Use Case Actors - UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Provides information on flexible production loads, load-management practices and operational constraints.

Fleischhof Raabtal: Provides information on refrigeration flexibility, temperature conditions and cold-chain requirements.

EVON: Provides industrial energy and process data and knowledge of the existing site-level control systems.

EEE: Coordinates the Use Case, facilitates feedback from the pilot ecosystem and communicates recommendations to the industrial sites.

LEONARDO: Contribute relevant market knowledge and support the development and assessment of future flexibility scenarios.

LEONARDO / iFAAP: Supports the assessment of industrial flexibility within the defined scenarios.

Possible future DSO or market operator: Represents the actor identifying grid needs and requesting flexibility within a future DSO market.

Use Case Operation - UC-AT-02

The Use Case will use representative distribution-level flexibility scenarios to explore how industrial consumers could participate in a possible future DSO market. Available industrial flexibility will be compared with the assumed flexibility needs, supported by industrial data and analytical results where appropriate.

The findings will be discussed with the industrial sites and the pilot ecosystem. Their feedback will support the refinement of the scenarios and the development of recommendations for the possible future use of industrial flexibility at DSO level.

TABLE 30: PILOT #2 - UC-AT-02: USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Definition of a representative distribution-level flexibility need or grid challenge
Input Data / Variables	Relevant market and scenario information, industrial load and process data, PV and storage information and operational constraints
Decision Logic	Comparison of the available industrial flexibility with the representative flexibility needs and assessment of its potential applicability
Expected Action	Identification of potential industrial flexibility responses and possible communication approaches
Expected Outcome	A scenario-based assessment of the industrial flexibility available for future DSO-level use, together with recommendations on how it could be requested and used to reduce demand and feed-in peaks and relieve distribution-grid congestion

Systems, Data and Constraints

Systems involved: Industrial monitoring systems, EVON data interfaces, LEONARDO/iFAAP components and project-defined scenario information.

Information used: Industrial load and process data, available flexibility, PV and storage information, operational constraints and representative DSO-level flexibility needs.

Technical and operational constraints: Production requirements and process continuity at Gsellmann; temperature, hygiene, food-safety and cold-chain requirements at Fleischhof Raabtal.

Market and regulatory constraints: A DSO flexibility market is not yet established in Austria. The assessment will therefore use representative scenarios without site-specific grid-constraint data or actual DSO requests.

Main Use Case Scenario

Trigger: A relevant distribution-level grid challenge is identified and translated into a representative flexibility need for a possible future DSO market.

Assessment: The available flexibility at the industrial sites will be compared with the requirements of the representative scenario. Industrial load and process data, PV and storage information and operational constraints are taken into account.

Decision: Potential response options are assessed regarding their technical and operational feasibility. Suitable industrial assets and possible flexibility actions are identified for the respective scenario.

Activation: The selected response is represented as a scenario-based flexibility action, showing how industrial consumption could potentially be adjusted in response to a future DSO request.

Monitoring and result: The potential contribution of the industrial flexibility to the assumed grid need is evaluated. The results and feedback from the industrial sites are used to refine the scenario and formulate recommendations for a possible future DSO-level flexibility mechanism.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Multi-Level Flexibility Coordination

Use Case Description - UC-AT-03

UC-AT-03 assesses how industrial flexibility could be coordinated between a possible future DSO-level flexibility mechanism and existing TSO-level flexibility services. The Use Case builds on the industrial flexibility identified in UC-AT-01 and the possible future DSO-level mechanism explored in UC-AT-02.

The Use Case does not assume that the industries will participate directly in TSO-level flexibility markets. The flexibility available at the individual industrial sites may be too small for direct participation, and additional market-access, aggregation, technical and prequalification requirements would have to be fulfilled. Similarly, the DSO-level mechanism considered in UC-AT-02 does not currently exist in Austria.

An important objective of UC-AT-03 is therefore to examine under which conditions industrial sites such as Gsellmann and Fleischhof Raabtal could potentially participate in TSO-level flexibility services and how such participation could be organised in practice. The Use Case will consider the relevant technical, operational, aggregation and market-access requirements and compare them with the characteristics of the available industrial flexibility.

UC-AT-03 is primarily a conceptual assessment. It will compare the available industrial flexibility with selected DSO- and TSO-level requirements and examine how potential participation or coordination could be structured. The assessment will be based on relevant market information, knowledge exchange and representative scenarios. Industrial data and analytical tools may support the assessment but do not constitute the complete operational path of the Use Case.

The expected result is an assessment of the suitability of the available industrial flexibility for DSO- and TSO-level mechanisms, including suitable participation and coordination options and the conditions that would have to be fulfilled.

TABLE 31: PILOT #2 - UC-AT-03: KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-AT-03 – Multi-Level Flexibility Coordination
Short Description	Co-optimise the provision of industrial flexibility in both the designed DSO flexibility mechanism and TSO flexibility markets.
Objective / Purpose	Assess how industrial flexibility could potentially be coordinated between a possible future DSO-level flexibility mechanism and existing TSO-level flexibility mechanisms.
System Level Addressed	Industrial process / grid operation / market
Expected Outcome	Assessment of the suitability of the available industrial flexibility for DSO- and TSO-level flexibility mechanisms, including feasible options for coordinated allocation between both levels.

Industrial Context - UC-AT-03

UC-AT-03 considers the combined characteristics of the flexibility available at the two industrial sites. The different resources have different operating characteristics and may therefore be suitable for different types of flexibility services.

Process-based flexibility depends on current production conditions and can generally be provided only within limited time windows. Its availability is influenced by production schedules, process continuity, temperature conditions and other operational requirements. Battery storage may offer a more controllable response, subject to its available capacity, state of charge and operating conditions.

The assessment will distinguish the available resources according to power, response time, duration, availability and controllability. The operational constraints of the industrial processes remain

applicable in all cases and determine how much flexibility could potentially be made available for DSO- or TSO-level use.

TABLE 32: PILOT #2 - UC-AT-03: KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Feed production – Gsellmann Mischfuttererzeugung; meat processing with continuous refrigeration – Fleischhof Raabtal
Main Relevant Industrial Processes	Gsellmann: grain intake, drying, milling, mixing, conveying and silo operation. Fleischhof Raabtal: slaughtering and meat processing, cold storage, continuous refrigeration, ventilation and processing lines.
Main Flexible Energy-Consuming Processes	Gsellmann: milling and grinding and other shiftable production loads where operationally feasible. Fleischhof Raabtal: refrigeration compressors and pre-cooling of frozen-storage rooms, cooling rooms and temperature-controlled working areas.
Flexibility Scale	Single asset / site
Control Level	Existing asset- and site-level control systems, supported by energy management and load-management functions.

Market and System Context - UC-AT-03

UC-AT-03 considers a possible future DSO-level flexibility mechanism together with existing TSO-level flexibility services. Relevant TSO participation and technical requirements will be used to assess under which conditions the available industrial flexibility could be suitable for such services.

The Use Case will also consider potential overlaps between DSO- and TSO-level use, as the same load shift or storage capacity cannot be committed to both levels at the same time. Possible coordination options will be assessed based on technical suitability, timing and operational constraints. The assessment remains theoretical and does not assume actual market participation by the pilot sites.

TABLE 33: PILOT #2 - UC-AT-03: KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Ancillary services / congestion management
Target Market	Balancing / possible future Local Flexibility / DSO–TSO
Trigger Category	Grid / request
Maturity Level	Existing / future / simulated
Primary Value Driver	Grid support / revenue / learning

Revenue / Benefit Stream	Improved utilisation of available flexibility / potential remuneration from flexibility provision

Use Case Actors - UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Provides information on flexible production processes, storage and relevant operational constraints.

Fleischhof Raabtal: Provides information on refrigeration flexibility and relevant cold-chain, hygiene and production requirements.

EVON: Provides industrial energy and process information and knowledge of the existing monitoring and control capabilities.

EEE: Coordinates the Use Case, facilitates exchange within the Austrian pilot ecosystem and consolidates the resulting recommendations.

LEONARDO and pilot ecosystem partners: Contribute knowledge of DSO- and TSO-level flexibility mechanisms, aggregation arrangements and relevant participation conditions.

Potential aggregator, ESCO or Balancing Service Provider: Represents a possible intermediary for aggregating industrial flexibility and facilitating access to TSO-level services.

DSO and TSO: Represent the system actors and requirements considered in the theoretical coordination assessment.

Use Case Operation - UC-AT-03

The Use Case will examine relevant TSO flexibility mechanisms and participation conditions together with the possible future DSO-level mechanism considered in UC-AT-02.

The characteristics of the available industrial flexibility will be compared with the identified conditions. Pilot-site information may support the assessment of whether the flexibility could potentially be suitable for DSO-level use, TSO-level use or both.

Where potential uses overlap, possible allocation and coordination principles will be considered, taking account of technical suitability, timing and operational availability. The findings will be discussed with the industrial sites and the pilot ecosystem and translated into recommendations concerning possible participation and coordination.

TABLE 34: PILOT #2 - UC-AT-03: USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Identification of a relevant TSO-level flexibility mechanism for assessing potential participation by the industrial sites.

Input Data / Variables	Characteristics and operational constraints of the available industrial flexibility; relevant TSO-level participation conditions; timing and availability.
Decision Logic	The available industrial flexibility will be compared with the relevant TSO-level conditions. Potential participation options and their coordination with possible DSO-level use will then be assessed.
Expected Action	Identification and comparison of possible TSO-level participation and coordination options.
Expected Outcome	Assessment of the potential suitability of the available industrial flexibility for TSO-level mechanisms, together with recommendations for its possible coordination with DSO-level use.

Systems, Data and Constraints - UC-AT-03

Systems involved: Industrial monitoring and control systems, EVON as the data hub and relevant information sources on TSO-level flexibility mechanisms.

Information used: Industrial load, PV and storage data, available flexibility, operational constraints and relevant TSO-level participation conditions. Possible coordination with DSO-level use is considered where relevant.

Technical and operational constraints: Flexibility availability depends on the operating state of the industrial processes and their production and cold-chain requirements. The same flexibility cannot be allocated simultaneously to different mechanisms.

Market and regulatory constraints: Participation in existing TSO-level flexibility mechanisms depends on the applicable market-access and aggregation conditions. Coordination with possible future DSO-level use will therefore be assessed conceptually.

Main Use Case Scenario - UC-AT-03

Trigger: A relevant TSO-level flexibility mechanism is identified for assessing potential participation by the industrial sites.

Assessment: The available industrial flexibility and its operational constraints are compared with the relevant TSO-level participation conditions. Possible coordination with DSO-level use is considered where relevant.

Decision: Suitable participation options and potential overlaps between TSO- and DSO-level use are identified. Possible coordination options are assessed while respecting the operational constraints of the industrial sites.

Activation: The identified options are represented through a conceptual participation and coordination scenario.

Monitoring and result: The potential suitability and benefits of the identified options are assessed. Feedback from the industrial sites and the pilot ecosystem supports the formulation of recommendations for possible future participation and multi-level flexibility coordination.

3.2.3 Pilot Site #3: Bulgarian–Greek Pilot

Pilot Use Case Overview

The Bulgarian–Greek pilot site is a transnational industrial cluster spanning two adjacent and interconnected balancing areas: the Sofia balancing area, operated by the Bulgarian TSO ESO, and the Thessaloniki area, operated by the Greek TSO IPTO. The two areas are linked by the Bulgaria–Greece cross-border transmission interconnection, which is the physical element that makes the cross-border dimension of the pilot possible. UPAT acts as pilot coordinator for both the Bulgarian and the Greek side.

On the Bulgarian side, the pilot is structured as an industrial cluster led by STOMANA Industry and further comprising SofiaMed and ETEM Gestamp, bringing together electricity intensive processes from the steel, copper and aluminium processing sectors. STOMANA Industry, a leading steel manufacturer whose plant comprises four main production areas (melt shop, plate mill, rolling mill and ball mill), ranks among Bulgaria's five largest electricity consumers. STOMANA is connected at extra-high voltage and operates Schneider Electric EMS installations. It participates directly in the Bulgarian day-ahead and intraday energy markets operated by IBEX, acting as its own Balance Responsible Party (BRP), and within the pilot it additionally takes the role of flexibility aggregator for the Bulgarian industrial cluster it heads. SofiaMed contributes foundry, rolling and extrusion processes within its copper-processing operations, supported by site and process level energy monitoring. ETEM Gestamp contributes aluminium extrusion and downstream processing loads and on-site PV generation, while operating on Schneider EMS infrastructure.

On the Greek side, the pilot involves the HELLENiQ ENERGY Thessaloniki Industrial Complex, a hydro-skimming refinery carrying out a continuous refining process that starts with crude oil distillation and continues through secondary processing and hydro-treating, together with associated petrochemical production. The complex is connected to the IPTO transmission grid, operates Powernet and Protasis Zenon EMS systems and disposes of an extensive telemetry base. It participates in the Greek day-ahead and intraday energy markets operated by HEnEx through an aggregator rather than directly.

The Grant Agreement (GA) defines two Use Cases for the Bulgarian–Greek pilot: an in-border clustering Use Case confined to the Bulgarian side (GA-UC#1) and a cross-border industrial flexibility clustering Use Case spanning both balancing areas (GA-UC#2). Unlike the Italian pilot, the Bulgarian–Greek consortium has retained the original two-Use-Case structure without restructuring, since the two Use Cases already correspond to two distinct and complementary system perimeters and the second builds directly on the first. The modelling work carried out under T2.3 has, however, sharpened the market scope of both Use Cases in the light of the market roles actually held by the participating industries and of the evidence made available through the pilot survey. The mapping to the original GA Use Cases is as follows:

- **UC-BGGR-01 – Aggregate in-border Bulgarian industrial flexibility** covers the in-border clustering dimension of GA-UC#1. The GA foresaw participation in the Bulgarian wholesale energy and reserves market, with STOMANA acting as both BRP and BSP. The modelled Use Case retains participation in the Bulgarian day-ahead market but restricts the balancing dimension to the balancing energy market, with STOMANA acting as BRP. Participation as a BSP in the reserve capacity market is not addressed at this stage, as it would require a prequalification of the aggregated cluster that is not currently in place. This is a deliberate narrowing towards what can be credibly modelled and evaluated on the available evidence base, and not a reduction of the overall pilot ambition.
- **UC-BGGR-02 – Aggregate cross-border BG/GR industrial flexibility** covers GA-UC#2. The GA describes a scenario in which the flexibility of the Bulgarian cluster participates implicitly, that is without a central platform, in the Greek balancing market operated by IPTO through the certified flexibility aggregator PPC, exploiting the margin remaining on the interconnection lines given that the clearance of the Greek reserves market follows the clearance of the day-ahead market. The modelled Use Case preserves this scenario and extends it into a comparative assessment: bids are optimised for the day-ahead and balancing energy markets on both sides of the border, so that the cross-market arbitrage potential and the value of the available interconnection margin are quantified rather than assumed.

Across both Use Cases, the iFAAP platform serves as the common technological backbone, sitting above the industrial EMS layer at the two pilot sites. Both Use Cases rely on the same flexibility characterisation methodology, in which each industrial process is mapped to a flexibility archetype, class and subtype, and the resulting operating envelope is used as the constraint set for the optimisation. Both also depend on the proactive demand and flexibility forecasting mechanisms developed in T4.1 and on the energy market price and flexibility utilisation forecasting developed in T4.2, both led by UPAT. The maturity level of both Use Cases is classified as Future: neither the in-border nor the cross-border aggregate currently operates as an aggregated bidding entity, and the pilot will therefore evaluate them through modelling and simulation grounded on measured plant data.

TABLE 35: PILOT #3 – USE CASE OVERVIEW

UC ID	Use Case title	Main focus
UC-BGGR-01	Aggregate in-border Bulgarian industrial flexibility	Aggregate the flexibility of the STOMANA cluster within the Sofia balancing area and devise a strategic bidding approach for the Bulgarian day-ahead and balancing energy markets via iFAAP, with STOMANA acting as cluster aggregator and BRP
UC-BGGR-02	Aggregate cross-border BG/GR industrial flexibility	Assess the feasibility and value of aggregating the STOMANA cluster together with HELLENiQ ENERGY across the ESO and IPTO balancing areas, exploiting the available BG–GR interconnection

		margin and quantifying cross-market arbitrage potential

3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Aggregate in-border Bulgarian industrial flexibility

Use Case Description - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 is the foundational Use Case of the Bulgarian–Greek pilot. Its aim is to aggregate the industrial flexibility available within the Bulgarian in-border cluster headed by STOMANA Industry and to optimise its use through the iFAAP platform, in order to devise a strategic bidding approach for the Bulgarian wholesale energy and balancing energy markets. The Use Case operates entirely within the Sofia balancing area and therefore involves a single TSO, a single market environment and a single set of national market rules, which makes it the simpler of the two Use Cases and the natural basis on which the cross-border Use Case UC-BGGR-02 is built. The central technical question addressed is how far the duration and the timing of energy-intensive manufacturing processescan be shifted or reduced while striking a balance between speed and the imperative for product quality and plant safety. The expected result is an evidence-backed assessment of which processes are genuinely flexible and to what extent, together with a validated aggregation and bidding approach that respects those process constraints.

TABLE 36: PILOT #3 - UC-BGGR-0: KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-BGGR-01 — Aggregate in-border Bulgarian industrial flexibility
Short Description	Aggregate the industrial loads and assets of the STOMANA cluster for participation in Bulgarian wholesale energy and balancing markets.
Objective / Purpose	Optimise aggregated Bulgarian industrial flexibility through iFAAP and develop a strategic bidding approach for the Bulgarian wholesale and balancing markets (in the latter, only participation in the balancing energy market as BRP will be considered).
System Level Addressed	Industrial processes / site EMS / aggregation platform / Bulgarian transmission system / wholesale and reserve markets.
Expected Outcome	Evidence-backed assessment of flexible processes and a validated aggregation/bidding approach that respects production quality and safety constraints.

Industrial Context - UC-BGGR-01

The Use Case is implemented across three electricity-intensive industrial environments. The flexibility potential of the cluster is dominated by the STOMANA melt shop, where scrap metal is transformed

into molten steel through two electric arc furnaces (reported as EAF 1 at 120 MVA and EAF 3 at 75 MVA), two ladle furnaces (LF 1 and LF 2, 18 MVA each), the continuous casting machines (approximately 5 MVA) and a vacuum degasser (approximately 1 MW). The plate mill, rolling mill and ball mill complete the STOMANA process chain. These processes are considered flexible because they are batch-type: each heat draws a large, essentially fixed power for a bounded period and can in principle be started earlier or later within the production plan without altering the total energy required. SofiaMed contributes three electricity-intensive copper-processing groups: foundry (7 MW peak, ~34 GWh/year), rolling (~9MW, ~42 GWh/year) and extrusion (~2 MW, ~10 GWh/year). All three are identified as reschedulable processes and therefore their flexibility lies in possibility of adjusting their timing of operation, all while meeting production requirements. ETEM Gestamp contributes aluminium extrusion (~3.39 MW, 15.57 GWh/year), secondary processing (1 MW, 4.5 GWh/year) and an additional industrial process group (0.8 MW, 0.6 GWh/year), all classified as reschedulable, fixed-power processes and monitored at 15-min resolution. Their flexibility is expected mainly from shifting or interrupting their operation within permissible boundaries imposed by the production schedule, rather than from varying their operating power. Taken together, a heterogeneous portfolio of industrial flexibility resources is formed, spanning large batch steelmaking loads and lower-scale metal-processing and extrusion processes. As reported in Section 2.2.3, the survey identifies four flexible assets or process groups at STOMANA, all classified under the Reschedulable process archetype (Class A) with the subtype Interruptible, fixed power process:

- **Scrap melting (electric arc furnaces):** 195 MVA installed, 205.08 GWh/y, 107 MW non-coincident peak load, peaking during the day.
- **Secondary metallurgy (ladle furnaces):** 36 MVA installed, 26.53 GWh/y, 34.8 MW peak load, peaking during the day.
- **Melt shop rest (casting):** 13 MVA installed, of which approximately 5 MVA corresponds to the casting process, 22.59 GWh/y, 11.3 MW peak load, peaking during the day. Out of the total load of the melt shop rest, only the casting process is considered capable of providing flexibility.
- **Filtering units:** 17 MVA installed, 18.4 GWh/y, 14.4 MW peak load, peaking at night.

The motor powers of the individual melt-shop units are confirmed, but the flexible capacity, the timing at which it can be offered and its availability remain dependent on process-limit validation and are being established within the pilot. The dominant constraint across all assets is the set of process limits inherent to steelmaking, in combination with the production schedule and with quality, safety and maintenance requirements. Flexibility is controlled at the level of the industrial EMS, with coordination performed at cluster level; the detailed automation and control authority arrangements still require partner validation.

At SofiaMed, the survey identifies three major electricity-intensive process groups as reschedulable loads:

- **Foundry:** 33.88 GWh/y, peak load of 7.01 MW, during the day.
- **Rolling:** 41.83 GWh/y, peak load of 8.77 MW, during the day.
- **Extrusion:** 9.74 GWh/y, peak load of 1.76 MW, during the day.

The SofiaMed contribution is therefore concentrated in three successive copper-processing stages with different electrical scales, with rolling representing the largest share of the reported electricity demand, followed by foundry and extrusion. Their classification as reschedulable processes indicates that flexibility is expected to arise primarily from the timing and sequencing of production activities.

At ETEM Gestamp, the survey identifies three process groups under the Reschedulable process archetype (Class A), with the subtype Interruptible, fixed power process:

- **Aluminium extrusion:** 15.57 GWh/y, observed peak load 3.39 MW.
- **Secondary processing:** 4.47 GWh/y, observed peak load 1.01 MW.
- **Additional industrial process group:** 0.56 GWh/y, observed peak load 0.82 MW.

The flexibility profile here is centered on aluminium extrusion and downstream processing loads whose demand varies substantially with the production schedule. The supplied measurements show periods of reduced process loading, indicating that asset availability is closely linked to the operating state of the production lines. In contrast to SofiaMed, ETEM also operates 4 MW of onsite photovoltaic generation, introducing an additional coordination dimension between production demand and local renewable generation.

TABLE 37: PILOT #3 - UC-BGGR-01 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Steel manufacturing (electric-arc steelmaking), copper and aluminium processing.
Main Relevant Industrial Processes	STOMANA melt shop (reported units: EAF 1 120 MVA, EAF 3 75 MVA, LF 1 18 MVA, LF 2 18 MVA, casters 5 MW and VD ~1 MW), plate mill, rolling mill and ball mill. SofiaMed foundry ~7MW, rolling ~9MW and extrusion ~2MW processes. ETEM aluminium extrusion ~3MW and other processes ~2MW.
Main Flexible Energy-Consuming Processes	Candidate flexibility sources include the reported STOMANA EAF/LF, casting, VD and filtering units; the SofiaMed foundry, rolling and extrusion processes; and the ETEM Gestamp aluminium-extrusion and secondary-processing loads. The respective surveys identify these processes as reschedulable/interruptible, while the actual flexible capacity, timing, duration remain subject to process-level validation.
Flexibility Scale	Multi-site industrial cluster (aggregated behind STOMANA within the Sofia balancing area).
Control Level	Industrial EMS with coordinated aggregation; detailed automation/control authority requires partner validation.

Market and System Context - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 addresses two mechanism categories within the Bulgarian market environment: wholesale energy through the day-ahead market operated by IBEX, and balancing energy through

the market operated by ESO, with STOMANA acting as its own Balance Responsible Party. STOMANA's power capacity justifies this role and the site already participates directly in the Bulgarian day-ahead and intraday markets, which means that the Use Case builds on an existing market position rather than creating a new one; what is new is the aggregation of the cluster flexibility behind that position and the systematic optimisation of the resulting bids. Participation as a BSP in the reserve capacity market is not addressed at this stage. The Use Case is triggered by market signals and price forecasts rather than by a grid constraint, and its value proposition is accordingly economic: reducing the combined energy and balancing electricity cost of the aggregated cluster while maintaining production quality and safety, with an additional learning value regarding the realistic flexibility envelope of heavy metal-processing industry. The maturity level is classified as Future, since the cluster has not yet operated as an aggregated bidding entity.

TABLE 38: PILOT #3 - UC-BGGR-01 KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Wholesale energy (day-ahead market) / Balancing energy market (as BRP).
Target Market	Bulgarian day-ahead market operated by IBEX / Bulgarian balancing energy market operated by ESO.
Trigger Category	Market signal / forecast / aggregator request.
Maturity Level	Future (the cluster does not yet operate as an aggregated bidding entity; the Use Case is evaluated through modelling and simulation on receivedplant data).
Primary Value Driver	Revenue / cost optimisation / market participation / learning.
Revenue / Benefit Stream	Reduction of the total (energy and balancing) electricity cost of the industrial cluster, obtained by shifting demand into lower-price periods and by improving the cluster's balancing position.

Use Case Actors - UC-BGGR-01

STOMANA: Industrial site and Bulgarian cluster aggregator. Provides the melt-shop and mill processes that constitute the available flexibility, acts as the aggregating entity for the in-border cluster and holds the BRP role through which the aggregated position is expressed on the Bulgarian markets.

ESO: Bulgarian TSO and operator of the Sofia balancing area. Defines the balancing market framework and the rules applicable to BRPs within which the aggregated cluster operates.

iFAAP and technology providers: Forecast, aggregate and optimise the flexibility of the cluster. Within the platform the responsibility is split between the demand and price forecasting components, developed by UPAT under T4.1 and T4.2, which produce the next-day demand and market price forecasts, and the demand flexibility pooling component, developed by CARTIF, which

characterises the available flexibility through archetypes and derives the optimal day-ahead and balancing energy bids.

Industrial EMS: Provides the industrial-layer data and control integration, exposing measured consumption and process status to iFAAP and relaying the resulting schedules back to the plant.

Use Case Operation - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 is initiated by the availability of forecasts of Bulgarian day-ahead and balancing energy prices for the following delivery day, produced by the demand and price forecasting components of iFAAP developed by UPAT. These forecasts are combined with plant and process demand forecasts and with a characterisation of the available flexibility expressed through the archetype framework, together with the operating constraints communicated by the cluster for the next day, which include planned maintenance and shut-downs. On this basis the demand flexibility pooling component of iFAAP, developed by CARTIF, acting together with the cluster aggregator, determines the optimal bidding strategy: it first devises the day-ahead bids for the aggregated Bulgarian cluster and then derives the balancing energy bids, factoring in the position already taken in the day-ahead market. The expected action is therefore the formulation and submission of a coherent set of aggregated bids across the two market timeframes, and the expected outcome is that these bids are offered and, where accepted, delivered without compromising production quality and safety.

TABLE 39: PILOT #3 - UC-BGGR-01 USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Forecast of Bulgarian day-ahead market and balancing energy prices.
Input Data / Variables	Plant and process demand forecasts; flexibility characterisation through archetypes; market price forecasts; day-ahead operating constraints of the relevant archetypes (including maintenance and planned shut-downs).
Decision Logic	iFAAP / cluster aggregator, with demand and price forecasting provided by UPAT and demand flexibility pooling by CARTIF. The platform optimises the aggregated flexibility against the forecast prices subject to the archetype operating envelopes, and the cluster aggregator confirms the resulting bidding strategy in its BRP capacity.
Expected Action	Devise day-ahead market and balancing energy bids for the aggregated Bulgarian cluster.
Expected Outcome	Aggregated bids offered while maintaining production quality and safety.

Systems, Data and Constraints - UC-BGGR-01

Systems involved: Schneider Electric EMS installations at STOMANA and ETEM Gestamp and the EMS reported by SofiaMed; industrial monitoring and control systems; the iFAAP aggregation and optimisation platform; and the interfaces towards the Bulgarian market platforms (IBEX for day-ahead, ESO for balancing energy).

Information used: Plant and process demand forecasts; flexibility characterisation through archetypes; market price forecasts for the Bulgarian day-ahead and balancing energy markets; measured consumption at 15-minute granularity together with the corresponding historical series.

Technical and operational constraints: Operating constraints of the relevant archetypes, in particular the interruptible, fixed-power character of the melt-shop processes; process limits; production schedule; product quality, plant safety and maintenance constraints. Of the melt shop rest load, only the casting process is considered flexible. Data are currently retrieved by manual export, which constrains the achievable degree of automation until an automated interface is established.

Market and regulatory constraints: Bulgarian market rules applicable to BRPs. Participation in the reserve capacity market as a BSP is outside the scope of the modelled Use Case.

Main Use Case Scenario - UC-BGGR-01

Trigger: For the following delivery day, the operating constraints of the relevant archetypes, including planned maintenance and shut-downs, become available (step 1); demand as well as energy and balancing price forecasts for the Bulgarian market are then produced by the demand and price forecasting components of iFAAP, developed by UPAT (step 2).

Assessment: The demand flexibility pooling component of iFAAP, developed by CARTIF, characterises the flexibility that each participating process can make available within its archetype operating envelope, taking into account the production schedule and the quality, safety and maintenance constraints reported by the site, and aggregates it into a cluster-level flexibility profile.

Decision: The same component devises the optimal bids for the Bulgarian day-ahead market (step 3) and subsequently the optimal bids for the Bulgarian balancing energy market, factoring in the position already taken in the day-ahead market (step 4). STOMANA, as cluster aggregator and BRP, confirms the resulting strategy.

Activation: The confirmed bids are submitted to the Bulgarian markets by STOMANA in its BRP capacity, and the resulting schedules are communicated to the industrial EMS, which adjusts the timing and duration of the concerned processes accordingly.

Monitoring and result: Delivered consumption is measured at 15-minute granularity and compared against the scheduled position. The KPIs defined for the industrial cluster, presented in Section 4.2.3, are then assessed by the consortium partners under the lead of UPAT (step 5).

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Aggregate cross-border BG/GR industrial flexibility

Use Case Description - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 extends the aggregation logic established in UC-BGGR-01 beyond a single balancing area. It assesses the feasibility of aggregating the STOMANA cluster together with the HELLENiQ ENERGY Thessaloniki Industrial Complex, that is of industries located in two different but interconnected local balancing areas, one under the jurisdiction of the Greek TSO IPTO and the other under the jurisdiction of the Bulgarian TSO ESO, linked by a cross-border transmission line. The Use Case evaluates what cross-border flexibility aggregation is actually feasible across the ESO and IPTO areas while exploiting the available interconnection margin, and it compares the market conditions on the two sides of the border in order to quantify the potential of cross-market arbitrage. As foreseen in the GA, the participation of the Bulgarian cluster's flexibility in the Greek balancing market is implicit, that is realised without a central platform and through a certified flexibility aggregator, and it takes into account that the clearance of the Greek reserves market follows the clearance of the day-ahead market, so that the margin remaining on the interconnection lines can be exploited for balancing purposes. The expected result is a quantified assessment of the cross-border arbitrage potential obtained by evaluating and comparing the market conditions in both countries, produced without violating the production constraints of the participating industries or the network constraints of either system.

TABLE 40: PILOT #3 - UC-BGGR-02: KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parameter	Use Case-specific information
Use Case ID and Title	UC-BGGR-02 — Aggregate cross-border BG/GR industrial flexibility
Short Description	Assess cross-border aggregation of the STOMANA cluster and HELLENiQ ENERGY for flexible participation in both countries' wholesale energy and balancing energy markets.
Objective / Purpose	Evaluate feasible cross-border flexibility aggregation across the ESO and IPTO areas while exploiting the available interconnection margin.
System Level Addressed	EMS / aggregator / iFAAP / Bulgarian and Greek TSOs / balancing market.
Expected Outcome	Explore the potential of cross-market arbitrage by evaluating and comparing the market conditions in both countries.

Industrial Context - UC-BGGR-02

The cross-border cluster brings together two very different industrial profiles. The Bulgarian side comprises the same three-industry cluster as UC-BGGR-01: STOMANA, SofiaMed and ETEM Gestamp. On the Greek side, the HELLENiQ ENERGY Thessaloniki Industrial Complex operates a continuous refining process, secondary processing and hydro-treating, together with associated petrochemical production.

The difference in process character between the two sides is the defining feature of this Use Case. The Bulgarian steelmaking loads are batch-type, interruptible and fixed-power, and therefore reschedulable in time. The Greek refining processes are continuous and, as reported in the pilot survey, process adjustment is rare and production-constrained. The single flexible asset reported for the Greek site is the extruder motor of the polypropylene production line, with an installed capacity of 5.4 MW, an annual consumption of approximately 70.5 GWh and a peak load of 4.67 MW. It is classified under the Reschedulable process archetype with the subtype Uninterruptible, adjustable power process, that is a process whose power level can be modulated but which cannot be interrupted. Up to a maximum of 1 MW of its consumption can be adjusted, and the main constraints are the process requirements and the commercial needs of the plant; no specific peak consumption period exists, since the variation in energy consumption depends on the grade of polypropylene being produced. Current and historical data are available at hourly granularity through manual export, a coarser resolution than the 15-minute data available on the Bulgarian side. Control is exercised through the Powernet and Zenon EMS at HELLENiQ and through the Schneider Electric EMS installations at STOMANA.

TABLE 41: PILOT #3 - UC-BGGR-02 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Industrial Sector	Steel manufacturing, copper processing and aluminium processing (BG); oil refining and petrochemicals (GR).).
Main Relevant Industrial Processes	STOMANA melt-shop units and mills, plus HELLENiQ continuous refining, secondary processing and hydro-treating, SofiaMed foundry, rolling and extrusion, ETEM Gestamp aluminium extrusion, secondary processing.
Main Flexible Energy-Consuming Processes	Bulgarian candidate processes include the STOMANA EAF/LF, casting and VD units, whose motor powers are confirmed while flexible capacity and availability remain process-limit dependent. HELLENiQ reports that process adjustment is rare and production-constrained; the reported flexible asset is the polypropylene extruder motor, of which up to 1 MW of consumption can be adjusted.
Flexibility Scale	Cross-border multi-site industrial cluster.
Control Level	Powernet and Zenon EMS at HELLENiQ; Schneider Electric EMS installations at STOMANA.

Market and System Context - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 addresses wholesale energy and balancing energy in two national market environments simultaneously. On the Bulgarian side the relevant markets are the day-ahead market operated by IBEX, in which STOMANA participates directly, and the balancing energy market operated by ESO, in which STOMANA acts as BRP. On the Greek side the relevant markets are the day-ahead market operated by HEnEx, in which HELLENiQ participates through an aggregator, and the balancing energy market operated by IPTO. Consistent with the GA, access of the Bulgarian cluster's flexibility to the

Greek balancing market is conceived as implicit participation through the certified flexibility aggregator PPC, which would optimise balancing bids on behalf of the entire cross-border cluster; STOMANA does not participate directly in the Greek market. The Use Case is triggered by market signals and price forecasts on both sides of the border, and the sequencing of the Greek market, where the reserves market clears after the day-ahead market, is what creates the opportunity to exploit the remaining interconnection margin for balancing purposes. The value proposition combines cost optimisation for the participating industrial sites with the arbitrage value arising from divergent market conditions between the two countries, and with the learning value of establishing what cross-border industrial flexibility aggregation is actually feasible under the current regulatory arrangements. The maturity level is classified as Future.

TABLE 42: PILOT #3 - UC-BGGR-02 KEY USE CASE MARKET AND SYSTEM CONTEXT

Parameter	Use Case-specific information
Mechanism Category	Wholesale energy (day-ahead market) / Balancing energy market (as BRP) / Cross-border aggregation.
Target Market	Bulgarian day-ahead market (IBEX) and balancing energy market (ESO); Greek day-ahead market (HEnEx) and balancing energy market (IPTO), the latter accessed implicitly through the certified flexibility aggregator PPC.
Trigger Category	Market signal / forecast / aggregator request.
Maturity Level	Future (no cross-border aggregated entity currently participates in either market; the Use Case is evaluated as a scenario).
Primary Value Driver	Revenue / cost optimisation / market participation / learning.
Revenue / Benefit Stream	Reduction of the total (energy and balancing) electricity cost across the cross-border cluster, plus the cross-market arbitrage value captured through the BG–GR interconnection and reflected in the volume of energy traded across the border.

Use Case Actors - UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: Greek industrial consumer providing demand and potential flexibility. Exposes the adjustable share of its polypropylene extrusion load and the associated process and commercial constraints.

STOMANA cluster: Bulgarian industrial cluster and flexibility aggregation participant. Contributes the aggregated flexibility established in UC-BGGR-01 to the cross-border assessment.

IPTO: Greek TSO and operator of the Thessaloniki balancing area. Defines the Greek balancing market framework and, jointly with ESO, determines the interconnection capacity available for the following day.

ESO: Bulgarian TSO and operator of the Sofia balancing area. Defines the Bulgarian balancing market framework and, jointly with IPTO, determines the available interconnection margin.

iFAAP and technology providers: Forecast, aggregate and optimise the flexibility of the cross-border cluster, evaluating combined availability, market conditions on both sides of the border and industrial constraints. As in UC-BGGR-01, the demand and price forecasting components are developed by UPAT under T4.1 and T4.2, and the demand flexibility pooling component by CARTIF.

PPC (certified flexibility aggregator): Foreseen in the GA as the certified aggregator through which the flexibility of the Bulgarian cluster would participate implicitly in the Greek balancing market operated by IPTO, optimising balancing bids on behalf of the entire cross-border cluster.

Use Case Operation - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 is initiated by the availability of forecasts of Bulgarian and Greek day-ahead and balancing energy prices for the following delivery day, produced by the demand and price forecasting components of iFAAP developed by UPAT. The demand flexibility pooling component of iFAAP developed by CARTIF, acting as or on behalf of the aggregator, then evaluates the combined availability of flexibility across the two sides of the border together with the market conditions in both countries and the industrial constraints reported by the all participating sites, which include planned maintenance and shut-downs. A distinguishing input with respect to UC-BGGR-01 is the interconnection capacity margin made available by the two TSOs for the following day, which determines how much of the Bulgarian flexibility can be credibly valorised on the Greek side. On this basis the platform devises day-ahead and balancing energy bids for both the Greek and the Bulgarian markets, and the expected outcome is that the cross-border flexibility scenario is evaluated and quantified without violating production constraints at the industrial sites or network constraints in either system.

TABLE 43: PILOT #3 - UC-BGGR-02 USE CASE OPERATION

Parameter	Use Case-specific information
Trigger Event	Forecast of Bulgarian and Greek day-ahead market and balancing energy prices.
Input Data / Variables	Plant and process demand forecasts; flexibility characterisation through archetypes; market price forecasts for both countries; interconnection capacity margins made available by ESO and IPTO; day-ahead operating constraints (including maintenance and planned shut-downs) communicated by the Bulgarian cluster through STOMANA and by HELLENiQ ENERGY.
Decision Logic	The aggregator / iFAAP evaluates combined availability, market conditions and industrial constraints, and determines the bidding strategy across the two market environments, with demand and price forecasting provided by UPAT and demand flexibility pooling by CARTIF.
Expected Action	Devise day-ahead market and balancing energy bids for both the Greek and the Bulgarian markets.
Expected Outcome	Cross-border flexibility scenario evaluated without violating production or network constraints.

Systems, Data and Constraints - UC-BGGR-02

Systems involved: HELLENiQ Powernet and Zenon EMS; Schneider Electric EMS installations at STOMANA; the iFAAP aggregation and optimisation platform; and the TSO and market interfaces on both sides of the border (IBEX and ESO on the Bulgarian side, HEnEx and IPTO on the Greek side).

Information used: Plant and process demand forecasts; flexibility characterisation through archetypes; market price forecasts for both countries; and the available interconnection capacity communicated by the two TSOs for the following day.

Technical and operational constraints: Operating constraints of the relevant archetypes on both sides. On the Bulgarian side, STOMANA process limits, production schedule, quality, safety and maintenance constraints. On the Greek side, the continuous character of the refining process, the limitation of the adjustable extruder load to a maximum of 1 MW, and the dependence of consumption on the polypropylene grade in production. The asymmetry in data granularity between the two sides, 15-minute on the Bulgarian side and hourly on the Greek side, constrains the temporal resolution at which the cross-border aggregate can be characterised.

Market and regulatory constraints: Greek and Bulgarian market rules; aggregator eligibility, since the flexibility of the Bulgarian cluster can reach the Greek balancing market only implicitly through a certified flexibility aggregator; and the feasibility of cross-border balancing, which is bounded by the interconnection capacity remaining after clearance of the day-ahead market.

Main Use Case Scenario - UC-BGGR-02

Trigger: For the following delivery day, the operating constraints of the relevant archetypes, including planned maintenance and shut-downs, become available from STOMANA and HELLENiQ ENERGY (step 1); demand as well as energy and balancing price forecasts for both markets are produced by the demand and price forecasting components of iFAAP, developed by UPAT (step 2); and the interconnection capacity margins for the following day are made available by ESO and IPTO (step 3).

Assessment: The demand flexibility pooling component of iFAAP, developed by CARTIF, evaluates the combined flexibility available on the two sides of the border within the respective archetype operating envelopes, compares the market conditions in the two countries and determines how much of the available flexibility can be valorised across the border given the interconnection margin.

Decision: The same component devises the optimal bids for the day-ahead market (step 4) and, factoring in the resulting positions, the optimal bids for the balancing energy market (step 5), for both the Bulgarian and the Greek side. The participating industrial sites confirm that the resulting schedules are compatible with their production plans.

Activation: The bids are submitted to the respective markets, directly by STOMANA as BRP on the Bulgarian side and through the certified flexibility aggregator on the Greek side, and the resulting schedules are relayed to the industrial EMS of each site.

Monitoring and result: Delivered consumption is measured and compared against the scheduled positions on both sides. The KPIs defined for the industrial cluster, including the volume of energy

traded across the border, are then assessed by the consortium partners under the lead of UPAT (step 6).

3.3 Consolidated Use Case Register

The eight Use Cases developed across the three LEONARDO pilots address different forms and levels of industrial flexibility. They range from the aggregation and activation of distributed resources to price-responsive operation, local and national flexibility mechanisms and cross-border coordination.

The three Italian Use Cases form a sequence from the aggregation of industrial loads and distributed energy resources through their potential use in the national balancing market to a local flexibility market within the CEDIS distribution area. The Austrian Use Cases combine data-based assessment with conceptual and scenario-based activities. They address flexible industrial response to Day-Ahead prices, a possible future distribution-level flexibility mechanism and the conditions for potential TSO-level participation and coordination. The Bulgarian–Greek Use Cases focus on the aggregation and market-oriented scheduling of large industrial loads, first within Bulgaria and subsequently across the Bulgarian and Greek market areas.

Pilot	Use Case and title	Main focus	Expected result
Italian pilot	**UC-IT-01 – Aggregate flexibility from distributed industrial loads and energy resources**	Aggregation and coordination of industrial loads and distributed energy resources through FLEXIA	Validated approach for aggregated flexibility scheduling and activation
Italian pilot	**UC-IT-02 – Operate in the national balancing market**	Potential participation of aggregated resources in the Italian balancing market	Assessment of the aggregate's potential contribution to national balancing services
Italian pilot	**UC-IT-03 – Operate local flexibility market for DSO grid management**	Local flexibility for self-consumption, RES integration and distribution-grid management	Simulated local flexibility-market operation and assessment of its grid and economic effects
Austrian pilot	**UC-AT-01 – Explore Diverse Energy Market Participation Strategies in Austria**	Flexible industrial response to Day-Ahead electricity prices, considering on-site PV and storage	Suitable operating strategies and quantified potential benefits for the industrial sites
Austrian pilot	**UC-AT-02 – Distribution-Level Flexibility Market Design**	Potential contribution of industrial flexibility to a possible future distribution-level flexibility mechanism	Proposed DSO-level mechanism for matching future grid needs with industrial flexibility

Austrian pilot	**UC-AT-03 – Multi-Level Flexibility Coordination**	Conditions for potential TSO-level participation and coordination with possible DSO-level use	Assessment of participation and coordination options for industrial flexibility
Bulgarian–Greek pilot	**UC-BGGR-01 – Aggregate in-border Bulgarian industrial flexibility**	Aggregation and market-oriented scheduling of industrial flexibility within Bulgaria	Validated aggregation and bidding approach for Bulgarian wholesale and balancing markets
Bulgarian–Greek pilot	**UC-BGGR-02 – Aggregate cross-border BG/GR industrial flexibility**	Cross-border aggregation of Bulgarian and Greek industrial flexibility	Assessment of cross-border aggregation and cross-market opportunities

Overall, the consolidated register demonstrates that the LEONARDO Use Cases cover a progression from the identification and aggregation of industrial flexibility to its potential use in price-based operation, grid support and national or cross-border energy markets.

4 Performance Evaluation and KPI Framework

This chapter presents the performance evaluation and KPI framework developed for the three LEONARDO Pilot Sites. The framework translates the objectives and expected outcomes of the pilot-specific Use Cases into measurable indicators and provides a common structure for their later monitoring and assessment.

The KPIs were defined at Pilot Site and Use Case level to reflect the different technical, operational, market and economic conditions addressed by the individual scenarios. At the same time, a harmonised formulation approach was applied across all pilots to ensure consistency and comparability. In line with the scope defined for the evaluation framework, the KPI set considers technical, environmental, economic and social dimensions as applicable to the respective Use Cases.

4.1 Evaluation Approach and Framework Structure

The KPI formulation was integrated directly into the common Use Case Modelling Template. This approach allowed the indicators to be developed together with the detailed specification of each Use Case and ensured a clear allocation of every KPI to the respective Pilot Site and scenario.

For each Use Case, the defined objectives, expected outcomes, operational conditions and relevant constraints were considered when identifying suitable indicators. The template provides a common structure for documenting the KPI category, KPI definition, unit and measurement or calculation method. This enables the indicators to be described in a consistent format while allowing their content to reflect the specific characteristics of each Use Case.

The resulting framework combines a harmonised methodology with pilot-specific KPI sets. It therefore supports a consistent evaluation approach across LEONARDO without losing the individual focus of the different Use Cases and Pilot Sites.

4.2 KPI Repository and Monitoring Parameters

This section presents the KPI repository developed for the three pilot sites and their respective use cases. The indicators will be documented together with their category, definition, unit and measurement or calculation method, as well as the relevant monitoring parameters available at this stage of the project.

4.2.1 Pilot Site #1: Italian Pilot

Pilot KPI Overview – PS#1

To systematically evaluate the performance of the aggregation platform developed in the Italian demo site and quantify the multidimensional benefits of the simulated flexibility solutions in the national and local contexts, a tailored set of KPIs has been structured across the three primary Use Cases.

For the first Use Case, focusing on the aggregation of flexibility from distributed industrial loads and energy resources, the focus is on the platform's ability to build and operate a reliable flexibility

aggregate, which is why the chosen KPIs address both the extent of the aggregated resource (expressed in terms of available power and yearly activatable energy, separately for upward and downward flexibility) and the operational quality of the platform itself, measured through the success rate of activations and the average time required to reach a new adjusted setpoint after a flexibility request. For the calculation, asset-specific operational constraints such as process continuity, thermal thresholds, safety limits, and state-of-charge boundaries for battery energy storage systems and electric vehicles must be meticulously taken into account, as well as the data coming from the simulated activation log. These indicators together provide a clear picture of how much flexibility can be deployed and how effectively the platform can coordinate it in practice, which are the foundational conditions for any subsequent market or grid service.

For the second Use Case, the KPIs shift toward demonstrating the value that the flexibility aggregate can deliver at the national balancing scale, and therefore cover three complementary dimensions: the grid impact in terms of peak shaving and valley filling, which measures the platform's ability to reshape the load profile during balancing market requests; the simulated economic returns generated through participation in Terna's capacity availability mechanisms and balancing market modulations, and the environmental benefit expressed as avoided CO2eq emissions compared to the conventional gas-fired peaker plants that would otherwise provide balancing. This combination was chosen because it allows the use case to be assessed not only on technical grounds but also on its capacity to deliver economic and decarbonization value.

Finally, for the third Use Case, addressing local flexibility markets for distribution system operator grid management, the KPIs are tailored to the local dimension of the service: grid impact metrics measure the mitigation of local congestion caused by renewable overproduction and the increase in self-consumption through reduced imports from the external grid; economic impact metrics evaluate both the economic rewards that CEDIS can obtain by valorizing local resources and reducing its exposure to wholesale market purchases, as well as the revenues earned by individual industrial users who participate in CEDIS's local flexibility market through availability and activation premiums. In this way, the UC3 indicators capture both the physical and the economic benefits of local flexibility valorization, reflecting the dual perspective of the DSO and the participating users.

TABLE 44: PILOT #1 - KPI REPOSITORY

KPI Category	KPI	Related Use Case(s)	Measurement / Calculation Method	Monitoring Parameters / Status
Flexibility Performance	Aggregated flexibility capacity (availability), upward and downward [MW]	UC-IT-01	It considers for every flexible asset the difference between max (or min) power and rated power, weighted by robust factors accounting for asset-specific constraints. Aggregated flexibility capacity is calculated as the sum of each single asset contribution, separately for upward and downward flexibility	Asset-specific constraints: process continuity, thermal limits, workers safety, residual energy in/out (defined as the amount of energy that can flow in a battery, including EVs, before complete charge; or that can flow out from

				the battery before min SOC), etc.
Flexibility Performance	Aggregated flexibility volume (activation), upward and downward [MWh/year]	UC-IT-01	It considers for every flexible asset the energy that can be shifted in a year, considering the flexible power and the estimated number of hours of activation window. Aggregated flexibility volume is calculated as the sum of each single asset contribution, separately for upward and downward flexibility	Asset-specific activation windows during the year
Operational Performance	Successful activations over total requests [%]	UC-IT-01	Number of quarter-hours characterized by successful response from assets to FLEXIA platform over total number of quarter-hours characterized by a flexibility request. Quarter-hour is used as a typical "settlement period" in flexibility programs.	Simulated activation log
Operational Performance	Average cycle duration (from flexibility activation to new adjusted setpoint) [min]	UC-IT-01	Average time from flexibility activation to successful response back plus simulated ramp up/down time to the new adjusted setpoint.	Simulated activation log; asset-specific ramp up/down characteristics
Grid Impact	Peak shaving & valley filling [MW]	UC-IT-02	Simulated maximum reduction/increase of consumption during MSD request for a peak/valley	Simulated activation log; Terna's fast activation requirements to be matched; present MSD's request volumes
Economic Impact	Simulated revenues from MSD/UVA (€/year)	UC-IT-02	Simulated revenues from the yearly participation in Terna's UVA (availability) and in GME's MSD for Terna (activation: modulated energy)	Simulated activation log; Terna's fast activation requirements to be matched; present MSD's request volumes and prices; present UVA's availability premium

Environmental Impact	Estimated reduction of emissions from gas-fired peaker plants for balancing (tonCO2eq/year)	UC-IT-02	Simulated CO2 avoided by participation in national grid balancing in substitution of a conventional gas-fired unit (emission factor: 380 gCO2eq/kWh; source: ISPRA, Settore elettrico: emissioni di CO2 e altri impatti, 2026)	Simulated activation log; Terna's fast activation requirements to be matched; present MSD's request volumes
Grid Impact	Local RES congestion reduction [MW]	UC-IT-03	Simulated reduction of the maximum counterflux over the year from CEDIS grid to the external one, thanks to downward flexibility activation during high local RES production	Simulated activation log; projected grid fluxes
Grid Impact	Reduction of imports from the external grid (self-consumption increase) [MWh/year]	UC-IT-03	Simulated reduction of the yearly energy imported from the external grid (bought from the wholesale market) and consequent increase of the yearly self-consumption thanks to flexibility activations	Simulated activation log; projected grid fluxes
Economic Impact	Self-consumption revenues for CEDIS [€/year]	UC-IT-03	Simulated economic valorization of the higher self-consumption: local consumption margin (compared to wholesale market trade during peak production time) plus savings from lower purchases in the wholesale market	Simulated activation log; projected grid fluxes; present GME's wholesale market prices
Economic Impact	Cumulated revenues for industrial users [€/year]	UC-IT-03	Simulated economic revenues for industrial users coming from the participation in CEDIS's LFM: availability revenues (€/MW of flexible capacity offered) plus activation revenues (€/MWh of shifted energy compared to a predefined baseline)	Simulated activation log; affordable availability and activation premiums

4.2.2 Pilot Site #2: Austrian Pilot

Pilot KPI Overview – PS#2

The KPI set developed for the Austrian pilot reflects the different objectives and maturity levels of the three Use Cases. It covers the economic use of industrial flexibility in response to dynamic Day-

Ahead prices, the potential contribution of industrial flexibility to a possible future distribution-level flexibility market and the suitability and coordinated allocation of flexibility between DSO- and TSO-level mechanisms.

For UC-AT-01, the KPIs assess the economic and energy-related effects of shifting flexible industrial consumption to more favourable periods. The main indicator is the potential reduction in electricity costs compared with a reference operation. It is complemented by indicators for improved PV self-consumption and the amount of flexible load that can be shifted to periods with lower electricity prices or higher on-site PV availability.

The UC-AT-02 KPIs evaluate the potential use of industrial flexibility within a possible future distribution-level flexibility market. As no such market currently exists in Austria and no actual DSO requests or site-specific grid-constraint data are available, these KPIs will be assessed using representative scenarios. They measure the industrial flexibility potentially available for distribution-level use, its availability when an assumed flexibility need occurs and the share of that assumed need that could potentially be covered.

For UC-AT-03, the KPIs assess whether the available industrial flexibility meets the defined requirements for DSO-level use, TSO-level use or both. A second indicator examines whether flexibility that is potentially suitable for both levels can be allocated without double commitment and without violating industrial process constraints. These KPIs are based on the comparison of pilot-site flexibility characteristics with the relevant requirements identified through research, knowledge exchange and scenario development. They do not measure actual participation in DSO or TSO markets.

The KPIs are assigned to individual Use Cases because each Use Case addresses a distinct evaluation objective. Nevertheless, they rely on a common set of underlying monitoring parameters, including industrial electricity demand, process conditions, available flexible power and energy, flexibility duration, PV generation and storage information. Baselines, representative scenarios and detailed monitoring periods will be further specified during pilot setup and baseline monitoring.

TABLE 45: PILOT #2 - KPI REPOSITORY

KPI Category	KPI	Related Use Case(s)	Measurement / Calculation Method	Monitoring Parameters / Status
Economic Impact	**Electricity cost-saving potential** – Potential reduction in electricity costs through optimised use of industrial flexibility. **Unit: % / EUR**	UC-AT-01	Comparison of electricity costs for the reference and optimised load profiles using the same Day-Ahead prices.	Load profiles and Day-Ahead prices required.
Flexibility Performance	**Flexible load shifted to favourable periods** – Flexible consumption identified to be shifted to periods with lower	UC-AT-01	Amount and share of flexible consumption compared with the reference operation.	Load profiles, price or PV information and flexibility limits required.

	prices and/or higher PV availability. **Unit: % / kWh**			
Flexibility Performance	**Industrial flexibility potential for distribution-level use** – Flexible power and energy potentially available for a possible future DSO market. **Unit: kW / kWh**	UC-AT-02	Determination of technically and operationally feasible flexible power and energy.	Industrial load, flexibility duration and process constraints required.
Grid Support Potential	**Potential contribution to assumed distribution-level flexibility needs** – Share of an assumed flexibility need that could potentially be covered. **Unit: %**	UC-AT-02	Available industrial flexibility divided by the assumed flexibility need.	Representative flexibility need and available industrial flexibility required.
Flexibility Suitability	**Suitability of industrial flexibility for TSO-level participation** – Assessment of whether the identified industrial flexibility could meet the relevant technical, operational and market-access requirements for selected TSO flexibility services. **Unit: qualitative assessment / % where quantifiable**	UC-AT-03	Comparison of the identified industrial flexibility and participation conditions with the requirements of selected TSO flexibility services.	Industrial flexibility characteristics and relevant technical, regulatory, aggregation and market-access requirements required.

4.2.3 Pilot Site #3: Bulgarian–Greek Pilot

Pilot KPI Overview – PS#3

The KPI set defined for the Bulgarian–Greek pilot covers two complementary levels. The first is the Use-Case level, derived directly from the objectives and expected outcomes of UC-BGGR-01 and UC-BGGR-02 as specified in Section 3.2.3. It comprises an economic indicator, a flexibility-performance indicator and a system-impact indicator. The first two are common to both Use Cases, since both pursue the same economic objective through the same mechanism of demand shifting; the third applies to UC-BGGR-02 only, because cross-border energy exchange has no counterpart in the in-border configuration.

The second level comprises the project-level indicators against which the pilot is assessed within the LIFE framework: primary and final energy savings, RES generation, greenhouse gas emission reduction and cumulative investment in sustainable energy. These apply to the pilot as a whole rather than to an individual Use Case and are computed on the aggregate of the two industrial sites, with the split between STOMANA and HELLENiQ following the baseline grid consumption reported for each.

Since neither the in-border nor the cross-border aggregate currently operates as a bidding entity, all Use-Case KPIs will be evaluated by comparing the optimised aggregated schedule against a business-as-usual baseline. That baseline is not yet available: it will be established during pilot setup and baseline data monitoring in T5.1, and the evaluation itself will be carried out in T5.4. In line with the process flow specified for both Use Cases in Section 3.2.3, the assessment of these KPIs is performed by the consortium partners under the lead of UPAT. The monitoring parameters listed below therefore distinguish between information already available from the pilot survey and elements that remain to be defined.

TABLE 46: PILOT #3 - KPI REPOSITORY

KPI Category	KPI	Related Use Case(s)	Measurement / Calculation Method	Monitoring Parameters / Status
Economic impact	Total (energy and balancing) electricity cost reduction for the industrial cluster [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Difference between the combined day-ahead and balancing energy cost of the aggregated cluster under the optimised bidding strategy and under the business-as-usual baseline, expressed as a percentage of the baseline cost.	Available: measured consumption at 15-min (STOMANA SofiaMed and ETEM Gestamp) and hourly (HELLENiQ) granularity; IBEX and ESO market prices, plus HEnEx and IPTO prices for UC-BGGR-02. To be defined: business-as-usual baseline (T5.1).
Flexibility performance	Amount of shifted demand [MWh]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Energy volume displaced in time relative to the baseline consumption profile, computed from the metered profiles of the participating assets over the evaluation period. The aggregation convention across assets is to be fixed in T2.4 and applied in T5.4.	Available: metered profiles and per-archetype operating envelopes. To be defined: validated flexible capacity per asset, still subject to process-limit confirmation by the pilot sites.
System impact	Amount of energy traded across borders [MWh]	UC-BGGR-02	Energy volume scheduled across the BG–GR interconnection as a result of the cross-border flexibility bids, summed over the evaluation period.	To be defined: interconnection capacity margins to be provided by ESO and IPTO; attribution convention for implicit cross-border participation through a certified aggregator.
Energy efficiency (project KPI 2)	Final energy savings [MWh/y]	Pilot level (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Bottom-up approach per CINEA guidelines: grid electricity consumption measured and/or estimated before and after	To be defined: baseline metering in T5.1. Note the divergence between these baseline figures and the annual consumption reported

			implementation. Target 8,500 MWh/y during the project, against a pre-project grid consumption of 850,000 MWh/y (STOMANA 540,000; HELLENiQ 310,000), and 25,500 MWh/y over the five years following the project.	in the pilot survey (Section 2.2.3), to be clarified with the two sites.
Energy efficiency (project KPI 1)	Primary energy savings [MWh/y]	Pilot level (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Final energy savings multiplied by the standard primary energy factor of 1.9. Proposal value 17,000 MWh/y, revised to 16,150 MWh/y to make it consistent with the final energy savings; the proposal value for the five years after the project is 51,000 MWh/y and has not yet been revised.	Derived from project KPI 2; no separate monitoring required.
Environmental impact (project KPI 4)	Reduction in GHG emissions [tCO_2eq/y]	Pilot level (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Decrease in grid electricity consumption multiplied by the national emission factor (BG 0.508 or 0.540; GR 0.412 or 0.502 tCO_2eq/MWh). Target 4,413 tCO_2eq/y during the project and 13,239 tCO_2eq/y over the five years following the project.	To be defined: split of the 8,500 MWh/y saving between the Bulgarian and Greek sites, which determines the applicable emission factors, and selection between the two factor values per country.
Environmental impact (project KPI 3)	RES generation [MWh/y]	Pilot level (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Direct measurement of on-site electrical RES generation. Target 0 MWh/y both during the project and over the five years following it.	No on-site RES generation reported at either site (Section 2.2.3); no monitoring infrastructure required.
Investment (project KPI 5)	Cumulative investments in sustainable energy [€]	Pilot level (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Direct measurement of investment in RES generation and electrical flexibility (generation, batteries, monitoring and control). Proposal value 0 both during the project and over the five years following it.	To be confirmed with the two industrial sites.

4.3 Consolidated Performance Evaluation Framework

The performance evaluation framework brings together the KPIs defined for the eight Use Cases across the three LEONARDO pilots. The indicators cover the main technical, operational, grid-related, economic, environmental and energy-related aspects of industrial flexibility and reflect the different objectives and configurations of the individual pilots.

The consolidated overview groups the KPIs by evaluation category and links them to the corresponding pilots and Use Cases. This highlights common evaluation areas across LEONARDO while retaining the pilot-specific indicators required to assess the different flexibility resources, market mechanisms and system levels. Detailed definitions, calculation methods and monitoring parameters are provided in the respective pilot KPI sections.

TABLE 47: CONSOLIDATED KPI OVERVIEW

KPI Category	Pilot	Related Use Case(s)	KPIs
Flexibility Performance	Italy	UC-IT-01	Aggregated flexibility capacity [MW]; aggregated flexibility volume [MWh/year]
	Austria	UC-AT-01, UC-AT-02	Flexible load shifted to favourable periods [% / kWh]; industrial flexibility potential for distribution-level use [kW / kWh]
	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Amount of shifted demand [MWh]
Operational Performance	Italy	UC-IT-01	Successful activations over total requests [%]; average cycle duration [min]
Grid and System Impact	Italy	UC-IT-02, UC-IT-03	Peak shaving and valley filling [MW]; local RES congestion reduction [MW]; reduction of imports from the external grid [MWh/year]
	Austria	UC-AT-02	Potential contribution to assumed distribution-level flexibility needs [%]
	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-02	Amount of energy traded across borders [MWh]
Flexibility Suitability	Austria	UC-AT-03	Suitability of industrial flexibility for TSO-level participation [qualitative assessment / % where quantifiable]
Economic Impact	Italy	UC-IT-02, UC-IT-03	Simulated revenues from MSD/UVA [EUR/year]; self-consumption revenues for CEDIS [EUR/year]; cumulated revenues for industrial users [EUR/year]

	Austria	UC-AT-01	Electricity cost-saving potential [% / EUR]
	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Total electricity cost reduction for the industrial cluster [%]
Energy Efficiency	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Final energy savings [MWh/year]; primary energy savings [MWh/year]
Environmental Impact	Italy	UC-IT-02	Estimated reduction of emissions from gas-fired balancing plants [tCO_2eq/year]
	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Reduction in GHG emissions [tCO_2eq/year]; RES generation [MWh/year]
Investment	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Cumulative investments in sustainable energy [EUR]

The consolidated KPI framework provides the basis for defining the required baselines and monitoring parameters during pilot preparation, tracking the implementation of the Use Cases and assessing their performance. The results will support the comparison of the achieved or scenario-based outcomes with the objectives defined for each pilot and Use Case.

5 Traceability and Use of D2.2 Results

This chapter shows how the main outputs of D2.2 are connected and how they provide input to subsequent project activities. It establishes traceability from the pilot-site characteristics and flexibility inventories through the specified Use Cases to the corresponding KPIs and monitoring requirements. It also explains how these results support the technical architecture, data management, algorithm development, pilot preparation, integration, testing and performance evaluation within LEONARDO.

5.1 Use of Results in T2.5 – Technical Requirements and Architectural Blueprint

The pilot surveys, Use Case specifications and KPI framework provide the pilot-specific inputs required for the development of the iFAAP architecture and integration roadmap in T2.5. Together with the stakeholder requirements established in T2.1, these results support the translation of the operational needs of the three pilots into functional, technical, information and deployment requirements.

The pilot surveys identify the systems and resources that need to be represented or connected, including industrial monitoring and control systems, EMSs, generation and storage technologies, flexible industrial assets, data sources and available interfaces. They also describe relevant constraints concerning data availability, interoperability, industrial operation, process continuity and control capabilities. This information supports the definition of system boundaries, data connections and pilot-specific integration requirements.

The Use Case specifications describe the intended workflows between industrial assets, control and monitoring systems, iFAAP components and relevant energy-market or grid actors. Their operational sequences, input variables, expected actions and information exchanges provide the basis for the functional views and sequence diagrams developed in T2.5. The differences between operational, simulated and scenario-based Use Cases also indicate which functions and interfaces are required for each pilot configuration.

The KPI framework complements these inputs by identifying the data and monitoring information required to evaluate the Use Cases. It supports the specification of the measurements, calculated outputs and information flows that need to be available for subsequent monitoring and performance assessment.

T2.5 will consolidate these inputs in the end-to-end iFAAP architecture. The resulting architectural blueprint will define the required components, interfaces, interoperability arrangements and pilot-specific deployment views. Its integration roadmap will subsequently guide the orchestration and prototyping activities in T5.2 and the pilot-specific configurations and deployments in T5.3.

5.2 Use of Results in WP3 – Data Management and Data Collection

The results of the pilot surveys and the pilot-specific use case modelling provide direct input to the data management, data collection and interoperability activities carried out in WP3. The pilot surveys identify the energy resources available at each site, including generation and storage systems, as well

as flexible assets, relevant characteristics of the industrial processes and the associated data sources. This information helps identify the heterogeneous data sources that need to be accessed, collected and integrated into the LEONARDO data infrastructure.

The use case specifications complement this information by identifying the data needed for each flexibility scenario. In particular, they define the main input data and variables, the systems involved in providing the flexibility services and the information flows between them.

In T3.1, these inputs support the definition and adaptation of the common semantic models by identifying the main entities that need to be represented. The assets, processes, measurements and information exchanges identified in the pilots and use cases provide the basis for defining the corresponding concepts and relationships. These are aligned, where applicable, with SAREF and its extensions to provide a harmonised representation of the heterogeneous pilot data within the LEONARDO semantic interoperability framework.

In T3.2, the information about the available data sources, communication interfaces and data characteristics is used to define the mechanisms required for data collection and semantic integration. The interfaces and data sources identified through the pilot surveys support the configuration of the required batch and streaming connectors and ETL processes. At the same time, the data requirements identified in the use cases guide the transformation and semantic mapping of the collected data into the common LEONARDO data representation.

Finally, the systems, actors and information exchanges identified in the use cases are also relevant for T3.3, particularly for integrating the LEONARDO data infrastructure with existing industrial and energy systems and with external actors, including legacy EMSs and relevant TSO, DSO and market interfaces. Overall, D2.2 provides the link between the data available at the pilot sites, the information needed to implement the use cases, the actors involved in the flexibility services and the interoperability and system-integration mechanisms addressed in WP3.

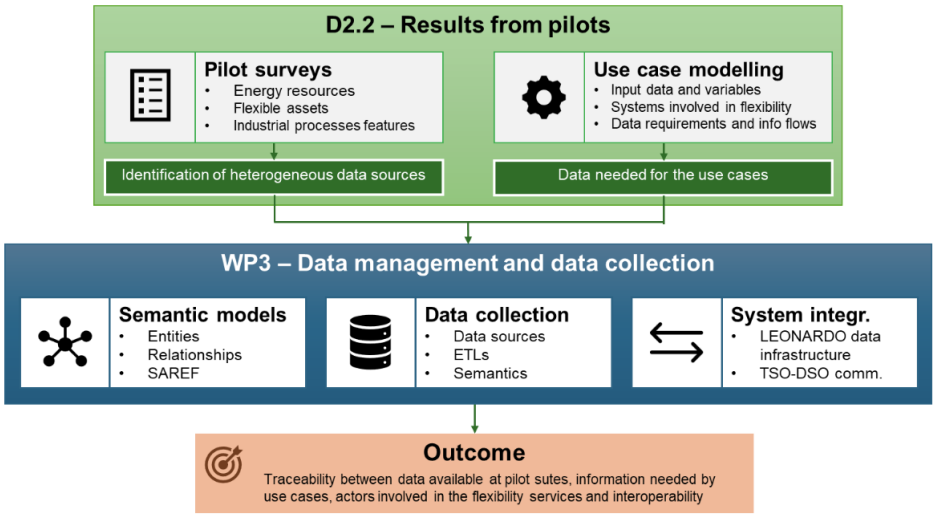


FIGURE 4: OVERVIEW OF LINKAGES BETWEEN D2.2 RESULTS AND WP3

5.3 Use of Results in WP4 – Algorithms and Services

This section will describe how the specified Use Cases and related pilot requirements provide input to the development of algorithms and services in WP4. The pilot surveys and use case modelling

results provide relevant inputs for tailoring the algorithms and solutions developed within WP4 to the specific characteristics and objectives of the LEONARDO pilot clusters.

First, the **Market and System Context** of the Use Cases, particularly the targeted markets and flexibility mechanisms, supports the identification of the relevant market prices to be forecasted within Task 4.2. In addition, the market rules associated with the selected markets provide the necessary pilot-specific context to define the appropriate market constraints within the short- and long-term optimization models developed in Task 4.3 and Task 4.4, respectively.

Second, the **On-site generation and storage technologies** identified at each pilot site through the pilot surveys support the identification of the RES technologies for which pilot-specific generation forecasts are required within Task 4.1.

Finally, the **Flexible industrial assets and processes** identified across the pilots are mapped to the corresponding flexibility archetype categories**.** This categorisation will be used to formulate the mathematical operational constraints of the respective flexibility archetypes within Task 4.1, which subsequently will be provided as inputs to the optimization models of Tasks 4.3 & 4.4.

5.4 Use of Results in WP5 – Pilot Setup, Integration, Testing and Performance Assessment

The results of D2.2 provide a direct basis for the preparation, configuration, testing, monitoring and evaluation of the three LEONARDO pilots in WP5. The pilot inventories define the available infrastructure and flexibility resources, the Use Cases specify the applications to be implemented or assessed and the KPI framework establishes the corresponding monitoring and evaluation requirements.

In T5.1, the pilot survey results will support the preparation of the individual pilot sites. The identified monitoring systems, interfaces, flexible assets and data availability will be used to assess the need for additional sensors, actuators, gateways, platforms, protocols or other adaptations. The KPI monitoring requirements will guide the collection of baseline data and the development of pre-LEONARDO industrial consumption profiles. These baselines will provide the reference for the subsequent evaluation of the pilot results.

In T5.2, the integration roadmap developed in T2.5 will be used to combine the iFAAP components developed in WP3 and WP4 into a common prototype. The pilot characteristics and Use Case workflows defined in D2.2 will support the configuration of the required component combinations and their interaction with industrial EMSs, market interfaces and existing monitoring assets. T5.2 will also conduct small-scale pre-pilot tests, using synthetic or dummy data where appropriate, to verify the orchestration and operation of the integrated prototype under different operating conditions and possible system failures. The modular structure of iFAAP will allow pilot-specific instances to be prepared for deployment in T5.3.

In T5.3, the Use Cases will provide the basis for the pilot-specific configuration, deployment and testing of the relevant LEONARDO components. The systems, input data, operational logic and constraints described in D2.2 will guide the implementation of the respective scenarios. Depending on the maturity and scope of each Use Case, the activities may include operational testing, simulation or scenario-based assessment. The related KPIs and monitoring parameters will be used to follow

the implementation and document the resulting technical, operational, economic and system-related effects.

In T5.4, the monitoring results from T5.3 will be compared with the baselines established in T5.1 and evaluated against the KPI framework defined in D2.2. The evaluation will cover the pre-LEONARDO baseline, the performance following deployment of the relevant iFAAP components and the parameters required for assessing longer-term impacts. The KPI results will contribute to the techno-economic evaluation, environmental assessment and scalability and replicability analysis foreseen in T5.4. Through this sequence, D2.2 connects the initial characterisation of the pilot sites with the technical integration, pilot-specific implementation and final performance assessment of the LEONARDO solutions.

Conclusions

This Deliverable consolidates the results of the pilot surveys, pilot-specific Use Case modelling and KPI development carried out in T2.3 and T2.4. It provides a structured description of the three LEONARDO pilots, their industrial processes and energy systems, the available flexibility resources and the technical and operational conditions affecting their use.

The survey results reveal substantially different flexibility configurations across the pilots. The Italian pilot integrates distributed industrial loads, generation, energy storage, hydrogen, and electric mobility resources within a local distribution area. The Austrian pilot integrates process-based flexibility across two food-industry sites, including milling and production processes, refrigeration, and cold storage, complemented by on-site PV generation and battery storage. The Bulgarian–Greek pilot integrates large electricity-intensive industrial processes, with potential for flexibility aggregation at both national and cross-border levels.

Based on these characteristics, eight pilot-specific Use Cases were defined. They cover the aggregation and coordination of distributed resources, flexible response to Day-Ahead prices, participation in national balancing mechanisms, possible future distribution-level flexibility mechanisms and the national, multi-level and cross-border coordination of industrial flexibility. The Use Cases reflect different levels of technical and market maturity and therefore combine operational, analytical, simulated and scenario-based approaches.

The KPI framework links each Use Case to indicators that reflect its objectives and expected outcomes. The selected KPIs cover flexibility and operational performance, grid and system impacts, economic effects, flexibility suitability, energy efficiency, environmental impacts and investment. They provide the basis for defining baselines and monitoring requirements, tracking Use Case implementation and assessing the achieved or scenario-based results during the subsequent pilot activities.

The results of D2.2 provide pilot-specific input to the iFAAP technical requirements and architectural blueprint in T2.5, the data-management and interoperability activities in WP3 and the forecasting and optimisation services in WP4. They will also support pilot preparation and baseline monitoring in T5.1, iFAAP integration and prototyping in T5.2, pilot-specific deployment and monitoring in T5.3 and the holistic performance evaluation in T5.4.

Overall, D2.2 establishes a common and traceable basis for translating the different industrial flexibility resources of the three pilots into defined Use Cases, measurable performance indicators and subsequent technical and pilot activities within LEONARDO.

Αριθμός έργου: 101215528

Ακρωνύμιο Έργου: LEONARDO

D2.2 - Πιλοτικά UC και απόδοση

Ορισμός πλαισίου αξιολόγησης

Ημερομηνία: 29-10-2026

Συγγραφέας: Andrea Moser

Το έργο αυτό έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα LIFE της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της συμφωνίας επιχορήγησης No 101215528.

Συμβατικές λεπτομέρειες του έργου

Τίτλος έργου	fLexibility sErvices prOvision eNAbled fRom aggregated industrial prosumers
Ακρωνύμιο έργου	LEONARDO
Συμφωνία Επιχορήγησης Αρ.	101215528
Ημερομηνία έναρξης του έργου	1 Σεπτεμβρίου 2025
Ημερομηνία λήξης του έργου	31 Αυγούστου 2028
Διάρκεια	36 μήνες
Ιστοσελίδα	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Λεπτομέρειες παραδοτέου

Αριθμός	2.2
Τίτλος	Ορισμός πιλοτικών περιπτώσεων χρήσης και πλαισίουαξιολόγησης απόδοσης
Πακέτο Εργασίας	2
Επίπεδο διάδοσης[1]	PU
Καταληκτική ημερομηνία παράδοσης	31-08-2026
Ημερομηνία υποβολής	29-10-2026
Υπεύθυνος παραδοτέου	EEE
Συνεισφέρων συγγραφέας	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE), Bill Gialelis (UPAT), Γρηγόρης Πρωτοψάλτης (UPAT), Δημήτρης Κατσίκας (Stomana), Γρηγόρης Δημόπουλος (Stomana), Μιχαέλα Παπαγεωργίου (HelleniQ), Matteo

[1] PU = Δημόσιο
CO = Εμπιστευτικό, μόνο για τα μέλη της κοινοπραξίας (συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών της Επιτροπής)

	Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)
Αξιολογητές	UPAT, STOMANA
Τελικός έλεγχος και έγκριση ποιότητας	29-10-2026

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΓΓΡΑΦΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΚΔΟΣΗ	ΟΝΟΜΑ	ΑΛΛΑΓΕΣ
24-07-2026	0.1	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	ToC
11-09-2026	0.2	Βασίλης Γιαλελής (UPAT), Γρηγόρης Πρωτοψάλτης (UPAT) Ματέο Μπούφο (FBK), Ματέο Βαρέσκο (FBK), Φραντσέσκο Λοκατέλι (FBK)	Ενσωμάτωση των Ηγετών του Πακέτου Εργασίας και της Πιλοτικής Συμβολής
18-09-2026	0.3	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Έκδοση πρώτου σχεδίου
01-10-2026	1.0	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Τελική έκδοση μετά από έλεγχο

Ανακοίνωση νομικού περιεχομένου

Πνευματικά δικαιώματα © 2025 LEONARDO Consortium Partners. Ολα τα δικαιώματα διατηρούνται.

Το LEONARDO είναι ένα έργο LIFE που υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στη Συνθήκη αριθ. 101215528. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το έργο, τους εταίρους και τις δραστηριότητές του, επικοινωνήστε μαζί infoleonardo@fbk.eu. Δεν επιτρέπεται η αντιγραφή ή η διανομή σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε μέσο χωρίς την προηγούμενη γραπτή συγκατάθεση του κατόχου των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας.

Ωστόσο, οι απόψεις και οι απόψεις που εκφράζονται είναι αποκλειστικά των συγγραφέων και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα εκείνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του CINEA. Ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε η χορηγούσα αρχή μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνες για αυτές. Η ευθύνη για τις πληροφορίες και τις απόψεις που εκφράζονται σε αυτές βαρύνει εξ ολοκλήρου τους συγγραφείς

Συνοπτική παρουσίαση

Το παραδοτέο D2.2 ορίζει τις πιλοτικές περιπτώσεις χρήσης και το αντίστοιχο πλαίσιο αξιολόγησης απόδοσης για τις τρεις πιλοτικές τοποθεσίες LEONARDO στην Ιταλία, την Αυστρία και τη Βουλγαρία/Ελλάδα. Ενοποιεί τα αποτελέσματα των πιλοτικών ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στην Εργασία 2.3 και τις δραστηριότητες ορισμού KPI που πραγματοποιήθηκαν στην Εργασία 2.4.

Οι πιλοτικές έρευνες εντοπίζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πιλοτικών έργων όσον αφορά τους βιομηχανικούς τομείς, την κλίμακα, τους διαθέσιμους πόρους ευελιξίας, το δίκτυο και το πλαίσιο της αγοράς, την υποδομή ελέγχου και τη διαθεσιμότητα δεδομένων. Το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα συνδυάζει βιομηχανικά φορτία με κατανεμημένη παραγωγή, αποθήκευση, υδρογόνο και πόρους ηλεκτρικής κινητικότητας σε μια τοπική περιοχή διανομής. Το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα καλύπτει δύο εγκαταστάσεις βιομηχανίας τροφίμων των οποίων οι κύριοι πόροι ευελιξίας περιλαμβάνουν άλεση και άλλα φορτία παραγωγής, ψύξη και ψυκτικές αποθήκες, παραγωγή φωτοβολταϊκών και αποθήκευση μπαταριών. Το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας περιλαμβάνει παραγωγή χάλυβα έντασης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγή πολυπροπυλενίου, με την ευελιξία να κυριαρχείται από μεγάλα βιομηχανικά φορτία.

Οκτώ πιλοτικές περιπτώσεις χρήσης μοντελοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μια κοινή δομή. Το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα ασχολείται με τη συγκέντρωση της βιομηχανικής ευελιξίας, τη συμμετοχή στην εθνική αγορά εξισορρόπησης και τη λειτουργία μιας τοπικής αγοράς ευελιξίας. Το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα διερευνά την ευέλικτη ανταπόκριση στις τιμές επόμενης ημέρας, την πιθανή χρήση της βιομηχανικής ευελιξίας σε μια πιθανή μελλοντική αγορά ευελιξίας σε επίπεδο διανομής. Το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας αξιολογεί τη συγκέντρωση εντός συνόρων στη Βουλγαρία και τη διασυνοριακή συγκέντρωση μεταξύ των περιοχών της βουλγαρικής και της ελληνικής αγοράς.

Το πλαίσιο ΒΔΕ μεταφράζει τους στόχους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα των περιπτώσεων χρήσης σε μετρήσιμους δείκτες. Ανάλογα με την ωριμότητα και το πεδίο εφαρμογής της αντίστοιχης περίπτωσης χρήσης, οι ΒΔΕ θα αξιολογούνται με τη χρήση δεδομένων παρακολούθησης, συγκρίσεων με σενάρια αναφοράς ή συνήθους λειτουργίας και αντιπροσωπευτικά σενάρια. Οι δείκτες καλύπτουν την ευελιξία και τις λειτουργικές επιδόσεις, τις επιπτώσεις στο δίκτυο και το σύστημα, τις οικονομικές επιπτώσεις, την καταλληλότητα της ευελιξίας, την ενεργειακή απόδοση, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις επενδύσεις.

Τα πιλοτικά προφίλ που προκύπτουν, οι προδιαγραφές των περιπτώσεων χρήσης και τα αποθετήρια KPI παρέχουν μια κοινή βάση για τον καθορισμό των τεχνικών απαιτήσεων και της αρχιτεκτονικής iFAAP στην Εργασία 2.5, τις δραστηριότητες διαχείρισης δεδομένων και διαλειτουργικότητας στο ΠΕ3, την ανάπτυξη υπηρεσιών πρόβλεψης και βελτιστοποίησης στο ΠΕ4 και τις πιλοτικές δραστηριότητες προετοιμασίας, ενσωμάτωσης, δημιουργίας πρωτοτύπων, δοκιμών, παρακολούθησης και αξιολόγησης της απόδοσης στο ΠΕ5.

Συντομογραφίες

ARERA – Ιταλική Ρυθμιστική Αρχή για την Ενέργεια, τα Δίκτυα και το Περιβάλλον
BESS – Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας
BRP – Υπόχρεος Εξισορρόπησης
BSP – Πάροχος Υπηρεσιών Εξισορρόπησης
COP – Συντελεστής Απόδοσης
DAM – Αγορά επόμενης ημέρας
DER – Κατανεμημένος Ενεργειακός Πόρος
DSF – Ευελιξία από την πλευρά της ζήτησης
ΔΣΔ – Διαχειριστής Συστήματος Διανομής
EAF – Φούρνος ηλεκτρικού τόξου
EMS – Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας
ESCO – Εταιρεία Ενεργειακών Υπηρεσιών
ETL – Εξαγωγή, Μετασχηματισμός, Φόρτωση
FOET – Τόνος ισοδύναμου μαζούτ
HVAC – Θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός
iFAAP – Πλατφόρμα Ενεργοποίησης και Συγκέντρωσης Βιομηχανικής Ευελιξίας
KPI – Βασικός δείκτης απόδοσης
LF – Φούρνος κουτάλας
LFM – Τοπική Αγορά Ευελιξίας
MASE – Ιταλικό Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενεργειακής Ασφάλειας
MLF – Αγορά Τοπικής Ευελιξίας
MSD – Αγορά Υπηρεσιών Κατανομής Φορτίου
PS – Πιλοτική τοποθεσία
ΑΠΕ – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
SAREF – Έξυπνες Εφαρμογές REFerence Ontology
SCADA – Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων
SGAM – Μοντέλο Αρχιτεκτονικής Έξυπνου Δικτύου
SOC – Κατάσταση χρέωσης
ΔΣΜ – Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς
UC – Περίπτωση χρήσης
UVA – Ενεργοποιημένη εικονική μονάδα δίσκου
UVAM – Εικονική μονάδα μικτής ενεργοποίησης

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων 7
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 9
1.1 Σκοπός και Πεδίο Εφαρμογής του Παραδοτέου 9
1.2 Συμβολή στους στόχους και τα ορόσημα του ΠΕ2 9
1.3 Σχέση με άλλες εργασίες και πακέτα εργασίας του LEONARDO 9
1.4 Δομή του παραδοτέου 10
2 Πιλοτική έρευνα και χαρακτηρισμός πιλοτικής τοποθεσίας 11
2.1 Προσέγγιση, πεδίο εφαρμογής και δομή πιλοτικής έρευνας 11
2.2 Αποτελέσματα Πιλοτικής Έρευνας 11
2.2.1 Πιλοτική Τοποθεσία #1: Αποτελέσματα Έρευνας Ιταλική Πιλοτική Εφαρμογή 12
2.2.2 Πιλοτική τοποθεσία #2: Αποτελέσματα έρευνας Αυστριακού πιλοτικού έργου 23
2.2.3 Πιλοτική Περιοχή #3: Αποτελέσματα Έρευνας Βουλγαρο-Ελληνική Πιλοτική Εφαρμογή 29
2.3 Ενοποιημένα προφίλ πιλοτικών τοποθεσιών και απογραφή ευελιξίας 35
3 Μοντελοποίηση περιπτώσεων χρήσης ειδικά για τα πιλοτικά έργα 38
3.1 Προσέγγιση και δομή μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης 38
3.2 Αποτελέσματα μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης ανά πιλοτικό έργο 39
3.2.1 Πιλοτική τοποθεσία #1: Ιταλικό πιλοτικό έργο 39
3.2.1.1 UC- IT-01 – Συνολική ευελιξία από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους 41
3.2.1.2 UC-IT-02 – Λειτουργία στην εθνική αγορά εξισορρόπησης 46
3.2.1.3 UC-IT-03 – Λειτουργία τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση δικτύου DSO 50
3.2.2 Πιλοτική τοποθεσία #2: Αυστριακό πιλοτικό έργο 55
3.2.2.1 UC-AT-01 – Εξερευνήστε διαφορετικές στρατηγικές συμμετοχής στην αγορά ενέργειας στην Αυστρία 57
3.2.2.2 UC-AT-02 – Σχεδιασμός Αγοράς Ευελιξίας σε Επίπεδο Διανομής 61
3.2.2.3 UC-AT-03 – Πολυεπίπεδος Συντονισμός Ευελιξίας 66
3.2.3 Πιλοτική Τοποθεσία #3: Βουλγαρο-Ελληνική Πιλοτική Εφαρμογή 71
3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Συγκεντρωτική βιομηχανική ευελιξία εντός των συνόρων της Βουλγαρίας 74
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Συγκεντρωτική διασυνοριακή βιομηχανική ευελιξία BG/GR 81
3.3 Ενοποιημένο μητρώο περιπτώσεων χρήσης 87
4 Αξιολόγηση απόδοσης και πλαίσιο KPI 90
4.1 Προσέγγιση Αξιολόγησης και Δομή Πλαισίου 90
4.2 Αποθετήριο KPI και παράμετροι παρακολούθησης 90

4.2.1 Πιλοτική τοποθεσία #1: Ιταλικό πιλοτικό έργο 90
4.2.2 Πιλοτική τοποθεσία #2: Αυστριακό πιλοτικό έργο 95
4.2.3 Πιλοτική Τοποθεσία #3: Βουλγαρο-Ελληνική Πιλοτική Εφαρμογή 97
4.3 Ενοποιημένο Πλαίσιο Αξιολόγησης Απόδοσης 100
5 Ιχνηλασιμότητα και Χρήση Αποτελεσμάτων D2.2 103
5.1 Χρήση των αποτελεσμάτων στο T2.5 — Τεχνικές απαιτήσεις και αρχιτεκτονικό σχέδιο 103
5.2 Χρήση των αποτελεσμάτων στο ΠΕ3 – Διαχείριση και συλλογή δεδομένων 104
5.3 Χρήση Αποτελεσμάτων στο ΠΕ4 – Αλγόριθμοι και Υπηρεσίες 105
5.4 Χρήση των αποτελεσμάτων στο ΠΕ5 – Πιλοτική εγκατάσταση, ενσωμάτωση, δοκιμή και αξιολόγηση απόδοσης 106
Συμπεράσματα 108

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Παραδοτέο D2.2 – Pilot-Specific UCs and Performance Evaluation Framework Definition παρουσιάζει τα αποτελέσματα της Εργασίας 2.3 – Πιλοτικές Έρευνες και Σενάρια Περιπτώσεων Χρήσης και της Εργασίας 2.4 – Πλαίσιο αξιολόγησης και διαμόρφωση KPI.

Το παραδοτέο ενοποιεί τις ειδικές πληροφορίες για το πιλοτικό πρόγραμμα που συλλέγονται στο πλαίσιο του LEONARDO, τη μοντελοποίηση των αντίστοιχων περιπτώσεων χρήσης (UC) και τον ορισμό του σχετικού πλαισίου αξιολόγησης της απόδοσης. Παρέχει έτσι μια κοινή βάση για την περιγραφή των επιμέρους πιλοτικών τοποθεσιών, των σεναρίων που σχετίζονται με την ευελιξία που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο πλαίσιο του έργου και των δεικτών που θα χρησιμοποιηθούν για την επακόλουθη αξιολόγησή τους.

1.1 Σκοπός και Πεδίο Εφαρμογής του Παραδοτέου

Ο σκοπός αυτού του παραδοτέου είναι να παρέχει μια εναρμονισμένη αναπαράσταση των αποτελεσμάτων που παράγονται στο πλαίσιο της Εργασίας 2.3 και της Εργασίας 2.4 στις τρεις πιλοτικές τοποθεσίες του LEONARDO.

Το έγγραφο καλύπτει τρία κύρια στοιχεία: τον χαρακτηρισμό των πιλοτικών τοποθεσιών και τις δυνατότητες ευελιξίας τους, τη λεπτομερή μοντελοποίηση των ειδικών για το πιλοτικό πρόγραμμα περιπτώσεων χρήσης και τον καθορισμό των αντίστοιχων πιλοτικών και ειδικών ανά περίπτωση χρήσης βασικών δεικτών επιδόσεων (ΒΔΕ) και του πλαισίου παρακολούθησης.

Μαζί, αυτά τα στοιχεία καθορίζουν την ειδική για το πιλοτικό Use Case και το πλαίσιο αξιολόγησης απόδοσης που προβλέπεται για το D2.2.

1.2 Συμβολή στους στόχους και τα ορόσημα του ΠΕ2

ΠΕ2 – *Ο καθορισμός της βάσης για την παροχή υπηρεσιών αγοράς βασισμένων στη βιομηχανική ευελιξία που αξιοποιούν τις καινοτομίες του ΣΠΔ* θέτει τη βάση για τις επακόλουθες δραστηριότητες ανάπτυξης, εφαρμογής και αξιολόγησης στο πλαίσιο του LEONARDO. Οι στόχοι του περιλαμβάνουν τον καθορισμό σεναρίων και υπηρεσιών για συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης και την ανάπτυξη ενός πλαισίου παρακολούθησης και αξιολόγησης, μαζί με τα άλλα τεχνικά, επιχειρηματικά, ρυθμιστικά και αρχιτεκτονικά θεμέλια του έργου.

Μέσα σε αυτό το συνολικό πεδίο εφαρμογής, το D2.2 ενοποιεί τα αποτελέσματα της Εργασίας 2.3 και της Εργασίας 2.4 παρέχοντας τους ορισμούς των Περιπτώσεων Χρήσης ειδικά για το πιλοτικό πρόγραμμα και το αντίστοιχο πλαίσιο αξιολόγησης απόδοσης. Αυτά τα αποτελέσματα συμβάλλουν άμεσα στο Ορόσημο 2 – *Πλαίσιο αξιολόγησης και διαθέσιμες πιλοτικές έρευνες*, για τις οποίες το D2.2 αντιπροσωπεύει τα καθορισμένα μέσα επαλήθευσης.

1.3 Σχέση με άλλες εργασίες και πακέτα εργασίας του LEONARDO

Στο πλαίσιο του ΠΕ2, οι πληροφορίες για την πιλοτική τοποθεσία και οι ορισμοί περιπτώσεων χρήσης που αναπτύχθηκαν στην Εργασία 2.3 παρέχουν στοιχεία για την Εργασία 2.5 – Τεχνικές Απαιτήσεις και Αρχιτεκτονικά Σχέδια, όπου η αρχιτεκτονική του LEONARDO iFAAP και ο οδικός χάρτης ολοκλήρωσης καθορίζονται περαιτέρω.

Τα αποτελέσματα της Εργασίας 2.3 και της Εργασίας 2.4 παρέχουν επίσης στοιχεία για τις επακόλουθες τεχνικές εξελίξεις στην Εργασία 3 και την Εργασία 4. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της

Πιλοτικής Έρευνας και των Περιπτώσεων Χρήσης υποστηρίζουν τις δραστηριότητες προετοιμασίας και δοκιμών της Πιλοτικής Τοποθεσίας στην Εργασία 5.1 και στην Εργασία 5.3, ενώ το πλαίσιο αξιολόγησης της απόδοσης που αναπτύχθηκε στην Εργασία 2.4 υποστηρίζει τη βάση, τη δοκιμή και την επακόλουθη αξιολόγηση της απόδοσης στην Εργασία 5.1, την Εργασία 5.3 και την Εργασία 5.4.

Η ιχνηλασιμότητα μεταξύ των αποτελεσμάτων του D2.2 και της χρήσης τους σε επόμενες δραστηριότητες του LEONARDO περιγράφεται περαιτέρω στο Κεφάλαιο 5.

1.4 Δομή του παραδοτέου

Το παραδοτέο διαρθρώνεται σε πέντε κύρια κεφάλαια:

Το Κεφάλαιο 1 εισάγει τον σκοπό και το πεδίο εφαρμογής του Π2.2, τη συμβολή του στο ΠΕ2 και τη σχέση του με τις επόμενες εργασίες και τα Πακέτα Εργασίας του LEONARDO.

Το Κεφάλαιο 2 παρουσιάζει την προσέγγιση της Πιλοτικής Έρευνας και τον προκύπτοντα χαρακτηρισμό των τριών Πιλοτικών Περιοχών LEONARDO.

Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει την πιλοτική προσέγγιση μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης και τις προδιαγραφές των περιπτώσεων χρήσης που προκύπτουν.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το πλαίσιο αξιολόγησης των επιδόσεων και των βασικών δεικτών επιδόσεων, συμπεριλαμβανομένων των πιλοτικών και ειδικών ανά περίπτωση χρήσης βασικών δεικτών επιδόσεων και των αντίστοιχων παραμέτρων παρακολούθησης.

Το Κεφάλαιο 5 καθορίζει τη σύνδεση μεταξύ των χαρακτηριστικών της πιλοτικής τοποθεσίας, των περιπτώσεων χρήσης και των KPIs και περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τα αποτελέσματα του D2.2 προωθούνται σε επόμενες δραστηριότητες του LEONARDO.

2 Πιλοτική έρευνα και χαρακτηρισμός πιλοτικής τοποθεσίας

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει την προσέγγιση και τα αποτελέσματα των πιλοτικών ερευνών που διεξήχθησαν στο πλαίσιο της Εργασίας 2.3. Οι έρευνες παρέχουν μια κοινή βάση για τον χαρακτηρισμό των τριών πιλοτικών εγκαταστάσεων LEONARDO και των σχετικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων, με ιδιαίτερη έμφαση στην ενεργειακή τους κατάσταση, τις υφιστάμενες ενεργειακές τεχνολογίες και τα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία, τους διαθέσιμους πόρους ευελιξίας, τη διαθεσιμότητα δεδομένων και τις σχετικές συνθήκες λειτουργίας. Οι πληροφορίες που προκύπτουν ενοποιούνται σε εναρμονισμένα προφίλ πιλοτικών εγκαταστάσεων στις ακόλουθες ενότητες.

2.1 Προσέγγιση, πεδίο εφαρμογής και δομή πιλοτικής έρευνας

Αναπτύχθηκε ένα κοινό πρότυπο πιλοτικής έρευνας για τη συλλογή και τη δομή βασικών πληροφοριών από τις τρεις πιλοτικές τοποθεσίες LEONARDO με συνεπή τρόπο. Το πρότυπο σχεδιάστηκε για να παρέχει μια επαρκώς ολοκληρωμένη επισκόπηση της τρέχουσας κατάστασης στις συμμετέχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι οι πληροφορίες που συλλέγονται σχετίζονται άμεσα με τον προσδιορισμό και την περαιτέρω αξιολόγηση της βιομηχανικής ευελιξίας.

Η έρευνα καλύπτει τρεις κύριους τομείς πληροφόρησης. Το πρώτο μέρος καταγράφει βασικές πληροφορίες για την πιλοτική τοποθεσία, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ενέργειας, του φορτίου αιχμής και των χαρακτηριστικών προφίλ φορτίου, της σύνδεσης με το δίκτυο και των σχετικών συνθηκών ελέγχου. Το δεύτερο μέρος προσδιορίζει τις υπάρχουσες τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης και τεκμηριώνει τα κύρια χαρακτηριστικά τους, τη διαθεσιμότητα δεδομένων και τη δυνητική σημασία τους για το LEONARDO. Το τρίτο μέρος επικεντρώνεται σε ευέλικτα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών χαρακτηριστικών τους, της ταξινόμησης ευελιξίας, των διαθέσιμων δεδομένων και διεπαφών, της λεπτομέρειας των δεδομένων και των σχετικών λειτουργικών περιορισμών ή περιορισμών που σχετίζονται με τη διαδικασία.

Για να υποστηρίξει μια συνεπή περιγραφή των διαφορετικών πόρων ευελιξίας στις πιλοτικές τοποθεσίες, το υπόδειγμα εφαρμόζει επίσης μια κοινή ταξινόμηση ευελιξίας, η οποία παρέχει σχετικές πληροφορίες για τις εξελίξεις στο WP4.

Το πρότυπο πιλοτικής έρευνας συμπληρώθηκε για κάθε πιλοτική τοποθεσία και οι υποβληθείσες πληροφορίες εξετάστηκαν και εναρμονίστηκαν για να διασφαλιστεί η συνεπής παρουσίαση μεταξύ των τριών πιλοτικών εφαρμογών. Τα ενοποιημένα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται στις ακόλουθες ενότητες.

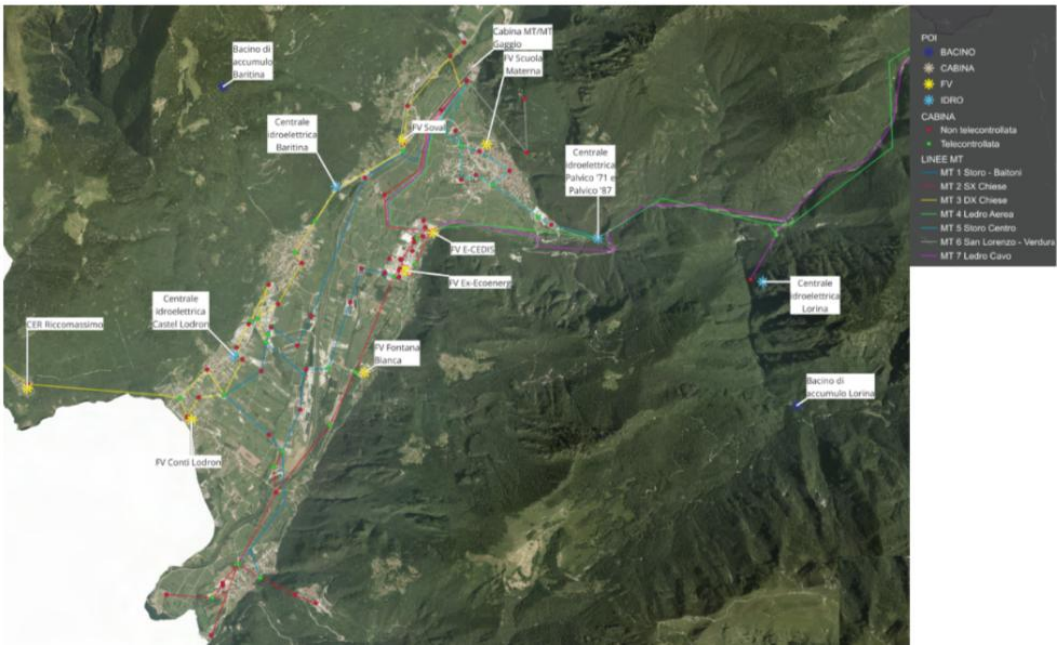
2.2 Αποτελέσματα Πιλοτικής Έρευνας

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν για κάθε πιλοτική τοποθεσία. Τα αποτελέσματα παρέχουν μια τεκμηριωμένη περιγραφή των επιμέρους πιλοτικών διαμορφώσεων, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών χαρακτηριστικών, της υποδομής εξόδου, της επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης, των βιομηχανικών περιουσιακών στοιχείων και διαδικασιών, της διαθέσιμης ευελιξίας και των σχετικών συνθηκών λειτουργίας.

2.2.1 Πιλοτική Τοποθεσία #1: Αποτελέσματα Έρευνας Ιταλική Πιλοτική Εφαρμογή

Πιλοτική επισκόπηση και εμπλεκόμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Η ιταλική πιλοτική τοποθεσία καλύπτει την περιοχή του δήμου Storo (TN), η οποία εξυπηρετείται από τον τοπικό DSO CEDIS. Το CEDIS είναι ένας ιστορικός υδροηλεκτρικός συνεταιρισμός και ρυθμίζεται από ένα μοναδικό νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο επιτρέπει σε αυτούς τους συνεταιρισμούς να είναι τόσο παραγωγοί όσο και διαχειριστές δικτύου εντός της επικράτειάς τους. Το CEDIS χωρίζεται στην πραγματικότητα σε δύο οντότητες, η πρώτη είναι ο διαχειριστής του δικτύου και η δεύτερη ο ενεργειακός συνεταιρισμός με περισσότερους από 3500 συνεργάτες, που αποτελούνται από πολίτες και τοπικές επιχειρήσεις, οι οποίες επωφελούνται από χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας και 100% κατανάλωση ανανεώσιμης ενέργειας. Ο ενεργειακός συνεταιρισμός κατέχει και λειτουργεί 6 υδροηλεκτρικούς σταθμούς και 12 φωτοβολταϊκούς σταθμούς για παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές περίπου 25 GWh/έτος. Ο στόχος της απελευθέρωσης της τοπικής βιομηχανικής ευελιξίας είναι η μεγιστοποίηση της τοπικής κατανάλωσης για παραγωγή ΑΠΕ και η ελαχιστοποίηση των εισαγωγών από το εθνικό δίκτυο, η μεγιστοποίηση της τοπικής κατανάλωσης παραγωγής ΑΠΕ και η ελαχιστοποίηση των εισαγωγών από το εθνικό δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνεται η διαχείριση του δικτύου και μειώνονται τα προβλήματα συμφόρησης. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η περιοχή του CEDIS, με γραμμές MT, καμπίνες MT/XT και υδροηλεκτρικές και φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.



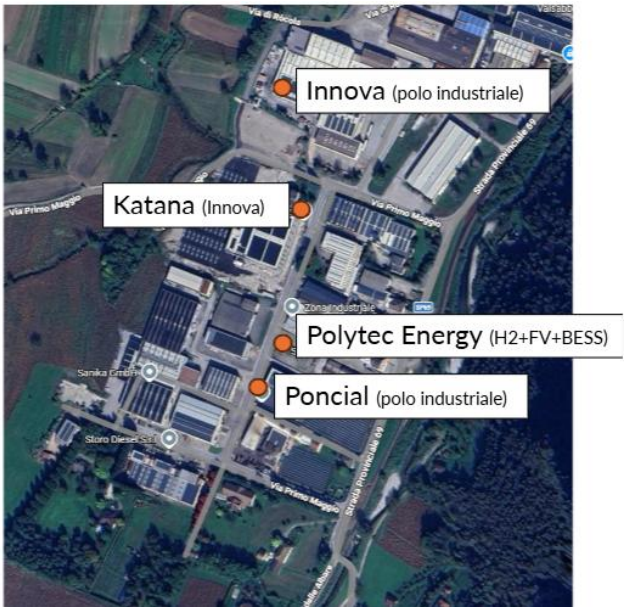
ΕΙΚΌΝΑ 1: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #1 – ΤΟΠΟΘΕΣΊΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΉΣ CEDIS

Όσον αφορά τους βιομηχανικούς εταίρους που συμμετέχουν στη δοκιμή ευελιξίας, υπάρχουν τρεις κύριοι ενδιαφερόμενοι, όλοι εγκατεστημένοι στην ίδια βιομηχανική περιοχή εντός του δήμου:

- **Innova (+ Katana):** Μεγάλος βιομηχανικός παραγωγός αντλιών θερμότητας, με πολλές γραμμές παραγωγής εξαρτημάτων, αντλίες θερμότητας για θέρμανση και ψύξη όλων των

εσωτερικών χώρων, ηλεκτρικά περονοφόρα ανυψωτικά και σταθμούς φόρτισης EV, συμπιεστές και διαδικασίες βαφής (με αέριο).

- **Poncial**: Η βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα ειδικεύεται στη θερμή σφυρηλάτηση και εκτύπωση, με 3 γραμμές εκτύπωσης χάλυβα και μία γραμμή σβέσης.
- **Polytec Energy**: Εταιρεία ολοκλήρωσης συστημάτων και μηχανικών που ειδικεύεται στον βιομηχανικό αυτοματισμό και στην ενεργειακή μετάβαση. Η εταιρεία αναπτύσσει λογισμικό Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας (EMS), μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ρομποτικά συστήματα προσαρμοσμένα για βαριές βιομηχανίες, μεταποίηση και logistics. Η τοπική τοποθεσία συμμετέχει στην ενεργοποίηση ευελιξίας με έναν νέο ηλεκτρολυτήρα 1 MW και 2 συστήματα αποθήκευσης μπαταριών, που υποστηρίζονται από μια συνεπή τοπική παραγωγή φωτοβολταϊκών.



ΕΙΚΌΝΑ 2: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #1 — ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΊ ΕΤΑΊΡΟΙ ΚΑΙ ΚΎΡΙΟΙ ΕΝΔΙΑΦΕΡΌΜΕΝΟΙ

Στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του ΠΕ2, πραγματοποιήθηκε έρευνα χαρτογράφησης των περιουσιακών στοιχείων κάθε ενδιαφερόμενου, με στόχο την ανάκτησητεχνικών δεδομένων όπως οι ικανότητες, οι αξίες παραγωγής/κατανάλωσης και τα πρότυπα παραγωγής/κατανάλωσης, και η κατηγοριοποίησή τους ανά αρχέτυπο, δηλαδή εάν και τι είδους υπηρεσία/ρύθμιση ευελιξίας μπορεί να προσφερθεί. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας αναφέρονται στις ακόλουθες υποπαραγράφους.

Βασικά δεδομένα πιλότου

Όντας η πιλοτική τοποθεσίαπου αποτελείται από τέσσερις διαφορετικούς αλλά διασυνδεδεμένους ενδιαφερόμενους, τα γενικά στατιστικά στοιχεία ενέργειας αναφέρονται εδώ, τα γενικά στατιστικά στοιχεία ενέργειας αναφέρονται παρακάτω για καθένα από αυτά.

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους το CEDIS μπορεί πραγματικά να συμβάλει στην ευελιξία του δικού του δικτύου: πρώτον, ως παραγωγός, είναι ρυθμίζοντας την υδροηλεκτρική παραγωγή του, καθώς δύο σταθμοί διαθέτουν ταμιευτήρα νερού και επομένως μπορούν να διαμορφώσουν την παραγωγή τους, και ο δεύτερος είναι, ενεργώντας ως διαχειριστής δικτύου, να ενεργοποιήσει μια τοπική αγορά ευελιξίας, η οποία μπορεί να γίνει ως πλήρως ανοιχτή αγορά ή μέσω διμερών συμφωνιών ευελιξίας με μεγάλους καταναλωτές όπως η Innova.

Ωστόσο, είναι θεμελιώδους σημασίας να υπάρχει μια σωστή επισκόπηση ολόκληρου του συστήματος πιλοτικής περιοχής, με τις γεωγραφικές ιδιαιτερότητες και τους περιορισμούς του δικτύου. Στο δίκτυο του CEDIS, μια τυπική ημέρα κατανάλωσης ακολουθεί το γνωστό «προφίλ πάπιας», με τις ώρες αιχμής κατανάλωσης να συμβαίνουν νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα/νωρίς το βράδυ. Σε κάθε περίπτωση, η συνολική μεταβλητότητα φορτίου μπορεί να οριστεί ως «υψηλή», αναγνωρίζοντας το γεγονός ότι η συνολική κατανάλωση του δικτύου ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο που μπορεί, σε ένα ορισμένο επίπεδο, να προβλεφθεί. Ένα πλήρες σύστημα EMS που επιβλέπει ολόκληρο το δίκτυο διανομής αναπτύσσεται και υλοποιείται επί του παρόντος, με σχέδιο να τεθεί σε λειτουργία πριν από το τέλος του 2026. Ολόκληρο το δίκτυο συνδέεται με το εθνικό δίκτυο μέσω μιας καμπίνας 15 MW, με εφεδρικό μετασχηματιστή ίδιου μεγέθους. Φυσικά, τα όρια λειτουργίας του συνδέονται αυστηρά με την κάλυψη της ζήτησης των χρηστών.

Πίνακας 1: Πιλοτικό #1 – Βασικό πλέγμα διανομής δεδομένων

Κατανάλωση [MWh/έτος]	Φορτίο αιχμής [MW]	Χρόνος αιχμής	Μεταβλητότητα φορτίου	Τάπα σύνδεσης [MW]	Διαθέσιμο EMS
28 413	7.177	Ημέρα	Υψηλή	15	Σύντομα

Όσον αφορά τους βιομηχανικούς χρήστες, κάθε μία από τις τρεις βιομηχανίες παρουσιάζει τις δικές της ιδιαιτερότητες. **Οι γραμμές παραγωγής της Innova** λειτουργούν σε δύο βάρδιες εργασίας (6-14 και 14-22), με αιχμή το πρωί γύρω στις 9-10, και στη συνέχεια σταθερή και λίγο χαμηλότερη κατά τη δεύτερη βάρδια, όταν δεν είναι ενεργές όλες οι γραμμές παραγωγής. Η αιχμή μπορεί να ποσοτικοποιηθεί ως διπλάσιο του βασικού φορτίου, αλλά το πρότυπο κατανάλωσης είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ενώ υπάρχει κάποια ευελιξία που πρέπει να εφαρμοστεί σε ορισμένα φορτία, οι κύριες γραμμές παραγωγής περιορίζονται να λειτουργούν κατά τη διάρκεια των προγραμματισμένων στροφών. Κατά το πρώτο εξάμηνο του 2026, η Innova εγκατέστησε μεγάλο αριθμό έξυπνων μετρητών συνδεδεμένων με EMS για την καλύτερη παρακολούθηση της κατανάλωσης στις διάφορες γραμμές και κτίρια/γραφεία, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης αντλιών θερμότητας για HVAC. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο όλων των διαδικασιών του κλάδου, επιτρέποντας την παρέμβαση με μέτρα απόδοσης όπου χρειάζεται και με μελλοντικό στόχο την αντιστοίχιση των προβλέψεων κατανάλωσης και τιμών αγοράς και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών.

Το Poncial εξυπηρετείται από 3 διαφορετικά σημεία σύνδεσης MT. Η κατανάλωση αιχμής, όπως φαίνεται από την οπτική γωνία του δικτύου (επομένως δεν περιλαμβάνεται η ιδιοκατανάλωση φωτοβολταϊκής ενέργειας), είναι 1250 kW, που συμβαίνει κατά τις εργάσιμες ώρες (6 π.μ.-18 μ.μ.). Η απόσυρση του δικτύου παρουσιάζει ούτως ή άλλως υψηλή μεταβλητότητα, με ημέρες όπου η αιχμή είναι περίπου το 50% της ετήσιας αιχμής και διακυμάνσεις κατά τις ώρες εργασίας 200-300 kW. Η ετήσια απόσυρση από το δίκτυο ήταν 3151 MWh το 2025.

Η Polytec, από την άλλη πλευρά, δεν είναι μια τυπική βιομηχανία με σταθερό προφίλ και σταθερή παραγωγή παραγωγής. Ξεκινώντας από το γεγονός ότι χρειάζεται ακόμη να ξεκινήσει τη λειτουργία της, ολόκληρο το φορτίο θα αποτελείται μόνο από έναν ηλεκτρολυτήρα Το προφίλ φορτίου της τοποθεσίας θα κυριαρχείται αρχικά από έναν μόνο ηλεκτρολυτήρα., η παραγωγή του οποίου θα ακολουθεί τόσο τη ζήτηση

υδρογόνου (που δεν έχει ακόμη επιβεβαιωθεί) όσο και ιδιαίτερα την παραγωγή των φωτοβολταϊκών σταθμών της Polytec. Επομένως, η μεταβλητότητα του φορτίου θα είναι μέγιστη Το προφίλ φορτίου αναμένεται να παρουσιάσει πολύ υψηλή μεταβλητότητα. , που κυμαίνεται από την πλήρη χωρητικότητα του ηλεκτρολυτήρα. Όντας μια ολοκαίνουργια μονάδα, ολόκληρο το σύστημα H2-BESS-PV Το ολοκληρωμένο σύστημα υδρογόνου, αποθήκευσης μπαταριών και φωτοβολταϊκών είναι εξοπλισμένο με EMS που επιτρέπει τη ζωντανή παρακολούθηση και τη λεπτή ρύθμιση, επίσης ανάλογα με τις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου και τις πιθανές εμπορικές πρωτοβουλίες. Στον παρακάτω πίνακα η διαθεσιμότητα του EMS επισημαίνεται ως "Σύντομα", καθώς ολόκληρη η μονάδα βρίσκεται στο στάδιο της ολοκλήρωσης αλλά δεν έχει ακόμη λειτουργήσει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΠΙΛΟΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ #1 – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

	Κατανάλωση [MWh/έτος]	**Φορτίο αιχμής [MW]**	**Χρόνος αιχμής**	**Μεταβλητότητα φορτίου**	**Τάπα σύνδεσης [MW]**	**Διαθέσιμο EMS**
Η Innova	1 155	0.3	Ημέρα	Υψηλή	MT 1.08	ΝΑΙ
Πονσιάλ	3 151	1.292	Ημέρα	Υψηλή	MV 1,44	Σύντομα
Πολυτέκ	4 731	1	Ημέρα	Υψηλή	MV 1.2	Σύντομα

Τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης

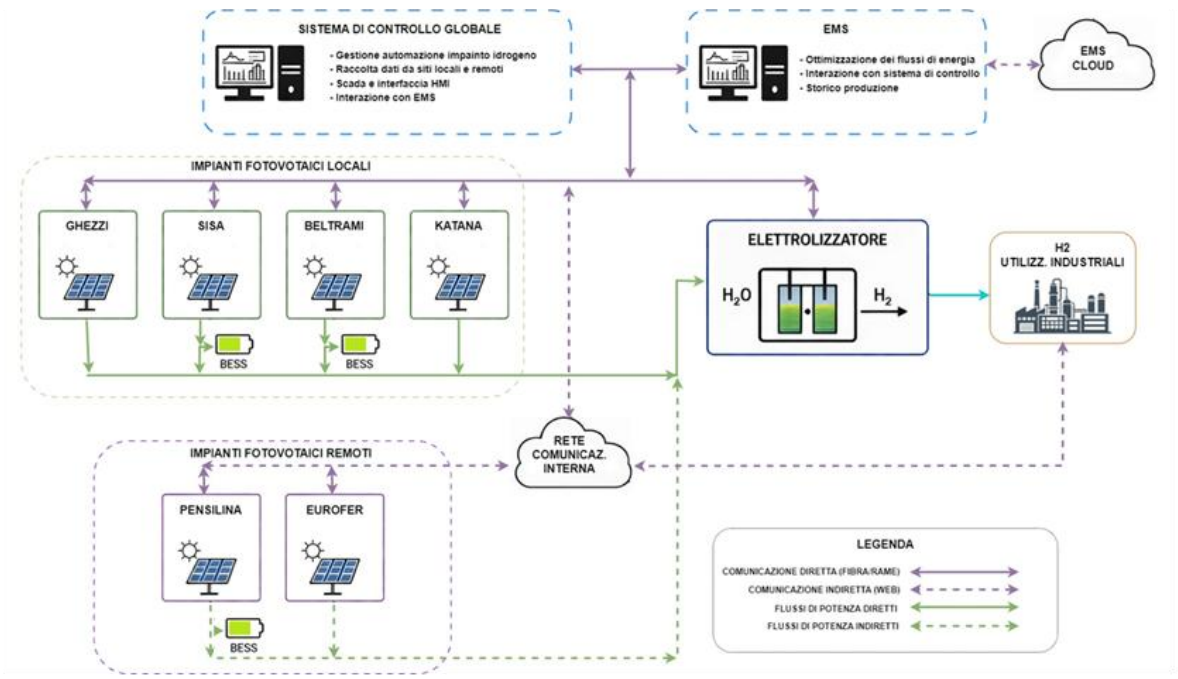
Όσον αφορά τις τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής, το CEDIS φέρνει ένα μεγάλο χαρτοφυλάκιο περιουσιακών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των φωτοβολταϊκών (σωρευτικά 2.146 MW), Hydro Run-of-River (αθροιστικά 3.816 MW) και Hydro σε συνδυασμό με ταμιευτήρα (αθροιστικά 1.35 MW με ταμιευτήρα 4.4 MWh). Επιπλέον, το CEDIS κατέχει και λειτουργεί φωτοβολταϊκούς σταθμούς (συνολικά 1.503 MW) και έναν υδροηλεκτρικό σταθμό RoR (0.88 MW) εκτός του δικού του δικτύου και λογοδοτεί για την παραγωγή τους μέσω συστημάτων εμπορίας.

Όσον αφορά την Innova, είναι ενεργοί δύο φωτοβολταϊκοί σταθμοί σε στέγες συνολικής ισχύος 1MW, με ιστορικά δεδομένα και EMS συνδεδεμένα και προσβάσιμα. Όσον αφορά τις τεχνολογίες αποθήκευσης, η Innova διαθέτει μεγάλης κλίμακας θερμική αποθήκευση πυρόσβεσης, η οποία φορτίζεται μέσω αντλίας θερμότητας, η οποία αντιστοιχεί σε 3,5 θερμικές MWh (υποθέτοντας COP 3, αντιστοιχεί σε περίπου 1,15 ηλεκτρικές MWh).

Η Poncial από την πλευρά της διαθέτει δύο φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε στέγες συνολικής ισχύος 300 kW. Τα ιστορικά δεδομένα έξυπνης μέτρησης είναι μόνο εν μέρει διαθέσιμα και δεν αναλύονται ανά περιουσιακό στοιχείο, αλλά ο κλάδος επί του παρόντος (Σεπτέμβριος 2026) εγκαθιστά νέους έξυπνους μετρητές και εφαρμόζει ένα νέο σύστημα EMS.

Η Polytec φέρνει στο έργο ένα πιο περίπλοκο σύστημα, που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα. Τέσσερις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, δύο από τις οποίες συνδυάζονται με αποθήκευση μπαταριών. Επιπλέον, υπάρχουν δύο επιπλέον φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και μία BESS που βρίσκονται εκτός του δικτύου CEDIS και λογίζονται μέσω συστημάτων εμπορίας. Συνολικά, η ισχύς των φωτοβολταϊκών εντός του δικτύου είναι 3.527 MW σε συνδυασμό με σωρευτική αποθήκευση

5.08 MWh, με τα περιουσιακά στοιχεία εκτός του τοπικού δικτύου να συνεισφέρουν με επιπλέον 1.2 MW PV και 1.075 MWh BESS. Τέλος, το σύστημα της Polytec θα διαθέτει επίσης δύο δεξαμενές αποθήκευσης υδρογόνου, συνολικής χωρητικότητας 190 Kg H2. Πρόκειται για αποθήκευση χημικών και ανάλογα με το σύστημα μετατροπής που χρησιμοποιείται θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παροχή πρόσθετης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτήν την περιοχή του δικτύου (π.χ. με μετατροπή κυψελών καυσίμου 15/18 kWh/kg, με αεριοστρόβιλο 10-14 kWh/kg). Όλα τα στοιχεία του συστήματος της Polytec τέθηκαν πρόσφατα σε λειτουργία και η πρόσβαση και η διαθεσιμότητα δεδομένων είναι εγγυημένη από το EMS.



Εικόνα 3: Πιλοτικό #1 – Επισκόπηση του ενεργειακού συστήματος Polytec

Πίνακας 3: Πιλοτικό πρόγραμμα #1 - Τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης

Ταυτότητα τεχνικού	Τεχνολογία	Εγκατεστημένη ισχύς	Συμμετέχετε στο LEONARDO;	Ταξινόμηση ευελιξίας	Διαθεσιμότητα δεδομένων	Πρόσβαση σε δεδομένα
1	Φ/Β δίκτυο CEDIS	2.146 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS

2	Φ/Β τηλεχειριστήριο CEDIS	1.503 MW	Όχι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS
3	CEDIS Hydro RoR	3.816 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS
4	CEDIS Lorina Hydro Storage	1 MW 3,3 MWh	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Ελεγχόμενη (κατανεμόμενη) παραγωγή Β - Έμμεση ή ρητή αποθήκευση - Αποθήκευση υλικού	Ναι	SCADA/EMS
5	CEDIS Υδροηλεκτρική αποθήκευση Baritina	0,35 MW 1,1 MWh	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Ελεγχόμενη (κατανεμόμενη) παραγωγή Β - Έμμεση ή ρητή αποθήκευση - Αποθήκευση υλικού	Ναι	SCADA/EMS

6	Τηλεχειριστήριο CEDIS Hydro RoR	0,880 MW	Όχι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS
7	Innova Φ/Β	0,43 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS
8	Κατάνα PV	0,56 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS
9	Πυροσβεστική δεξαμενή Innova	3,5 MWhth	Ναι	Β - Έμμεση ή ρητή αποθήκευση – Αποθήκευση θερμότητας	Ναι	SCADA/EMS
10	Φωτοβολταϊκά εντός δικτύου Polytec	3.527 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμεν	Ναι	SCADA/EMS

				η) παραγωγή (ΑΠΕ)		
11	Polytec in-grid BESS	5,08 MWh	Ναι	Β - Έμμεση ή ρητή αποθήκευση - Αποθήκευση ενέργειας μπαταρίας	Ναι	SCADA/EMS
12	Τηλεχειριζόμενο Φ/Β Polytec	1,2 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Ναι	SCADA/EMS
13	Τηλεχειριστήριο Polytec BESS	1.075 MWh	Ναι	Β - Έμμεση ή ρητή αποθήκευση – Αποθήκευση ενέργειας μπαταρίας	Ναι	SCADA/EMS
14	Αποθήκευση Polytec H2	190 kg H2	Ναι	Β - Έμμεση ή ρητή αποθήκευση - Αποθήκευση υλικού	Ναι	SCADA/EMS
15	Ποντιακά Φ/Β	0,3 MW	Ναι	Γ - Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Μερική	SCADA/EMS

Ευέλικτα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και διαδικασίες

Τέλος, η έρευνα αξιολόγησε τα πάγια στοιχεία τελικής κατανάλωσης, καθορίζοντας τα κύρια χαρακτηριστικά τους (φορτίο αιχμής, ετήσια κατανάλωση) και ταξινομώντας τα ανάλογα με το επίπεδο ευελιξίας που μπορούν να παρέχουν.

Το CEDIS, ως διαχειριστής δικτύου και παραγωγός ανανεώσιμης ενέργειας, δεν διαθέτει βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία για να συμπεριλάβει σε αυτό το τμήμα.

Από την άλλη πλευρά, η Innova έχει αρκετές διαδικασίες που χαρτογραφήθηκαν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων του έργου. Δυστυχώς, είναι απίθανο οι κύριες γραμμές παραγωγής και οι διαδικασίες να μπορούν να εμπλακούν σε οποιοδήποτε σενάριο ευελιξίας, καθώς ο περιορισμός των βάρδιων εργασίας είναι πολύ περιοριστικός. Ωστόσο, ο κλάδος έχει έναν μακρύ κατάλογο βοηθητικών περιουσιακών στοιχείων που ταιριάζουν απόλυτα στο πλαίσιο ευελιξίας. Δύο διαφορετικοί τύποι σταθμών φόρτισης EV εγκαθίστανται για τους εργαζόμενους να φορτίζουν τα οχήματά τους κατά τις ώρες εργασίας, με τη διαφορά ότι ο ένας σταθμός φόρτισης μπορεί να διαμορφώσει την ισχύ εξόδου, ενώ ο άλλος έχει λειτουργία on/off. Στη συνέχεια, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αντλιών θερμότητας για HVAC εσωτερικού χώρου και μία που φορτίζει μια μεγάλη εσωτερική δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας . Αυτά τα HP μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν μεταξύ 30% και 100% της ονομαστικής χωρητικότητάς τους, με τον μόνο άλλο περιορισμό για τη διατήρηση της εσωτερικής θερμικής άνεσης για τους εργαζόμενους.

Το Poncial εξυπηρετείται από 3 διαφορετικά σημεία σύνδεσης μέσης τάσης και λειτουργεί 3 χαλύβδινους επαγωγικούς φούρνους (400 KW, 800 kW, 400 kW) και μία γραμμή σβέσης (203,7 kW). Δεν ήταν δυνατό να αξιολογηθεί λεπτομερώς το επίπεδο ευελιξίας που θα μπορούσαν να εγγυηθούν αυτά τα στοιχεία, αλλά οι επαγωγικοί φούρνοι έχουν γρήγορο και υψηλό επίπεδο διαμόρφωσης (μέσα σε δευτερόλεπτα/λεπτά), με θερμική αδράνεια που μπορεί να αξιοποιηθεί για μικρά χρονικά διαστήματα (5-15 λεπτά) χωρίς να διακυβεύεται η ποιότητα των προϊόντων. Για τον φούρνο γραμμής σβέσης (200 kW), αυτό το χρονικό διάστημα μπορεί να παραταθεί έως και μία ώρα. Ταυτόχρονα, δεν ήταν δυνατό να χαρακτηριστούν λεπτομερώς άλλες διαδικασίες όπως πριόνια, αμμοβολή, μηχανήματα κοπής και σταθμός φόρτισης περονοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων, αλλά η βιομηχανία βρίσκεται επί του παρόντος στη διαδικασία εγκατάστασης περισσότερων έξυπνων μετρητών και ενός κεντρικού EMS, και αυτά τα στοιχεία θα συμπεριληφθούν σε μελλοντικές αναλύσεις.

Τέλος, όλα τα περιουσιακά στοιχεία της Polytec έχουν σχετικές δυνατότητες ευελιξίας. Ο ηλεκτρολυτήρας μπορεί να επαναπρογραμματιστεί εγκαίρως και να ρυθμιστεί σε ισχύ, με ορισμένους περιορισμούς λειτουργίας, όπως περιορισμένο αριθμό διακοπτών ενεργοποίησης/απενεργοποίησης ανά ημέρα και χρόνο αύξησης/απενεργοποίησης ράμπας περίπου 20 λεπτών. Επιπλέον, ο ηλεκτρολυτήρας θα παράγει μόνο όταν η ενέργεια εισόδου προέρχεται απευθείας είτε από τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις της Polytec είτε από τα συνδεδεμένα συστήματα BESS, εξαιρουμένης της δυνατότητας απορρόφησης απευθείας από το δίκτυο.

ΠΊΝΑΚΑΣ 4: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #1 - ΕΥΈΛΙΚΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΆ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΚΆ ΣΤΟΙΧΕΊΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΊΕΣ

Αναγνωριστικό στοιχείου	Περιουσιακό στοιχείο ή διαδικασία	Φορτίο αιχμής και χρονισμός	Ταξινόμηση ευελιξίας	Διαθεσιμότητα δεδομένων	Διαθεσιμότητα δεδομένων / διεπαφή πρόσβασης / πηγή	Χρονική ανάλυση	Κύριοι περιορισμοί
1	Φορτιστές Innova EV (ρυθμιζόμενοι)	132 kW Ημέρα	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη διαδικασία ισχύος	Ναι	SCADA/ EMS	15 λεπτά	Οι εργαζόμενοι φορτίζουν αυτοκίνητα κατά τη διάρκεια των βάρδιων εργασίας
2	Φορτιστές Innova EV (on/off)	220 kW Ημέρα	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, σταθερή διαδικασία ισχύος	Ναι	SCADA/ EMS	15 λεπτά	Οι εργαζόμενοι φορτίζουν αυτοκίνητα κατά τη διάρκεια των βάρδιων εργασίας
3	Δεξαμενή Innova Fire HP	12 kW - Ευέλικτο	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη διαδικασία ισχύος	Όχι	SCADA/ EMS	15 λεπτά	1) Ελάχιστο επίπεδο φόρτισης της δεξαμενής 2) 30% ελάχιστο φορτίο
4	Innova Διάφορα HVAC HP	259 kW Χρόνος αλλαγής ταχυτήτων	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη διαδικασία ισχύος	Για τα περισσότερα κτίρια ναι	SCADA/ EMS	15 λεπτά	1) Θερμική άνεση εσωτερικού χώρου 2) 30% ελάχιστο φορτίο

5	Ηλεκτρολύτης Polytec	1 MW την ημέρα	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη διαδικασία	Διαθέσιμα τρέχοντα δεδομένα· ιστορικά δεδομένα που δεν είναι ακόμη διαθέσιμα	SCADA/ EMS	15 λεπτά	1) Περιορισμένη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση 2) Χρόνος αύξησης/απενεργοποίησης ράμπας = 20 λεπτά
6	Polytec Στο πλέγμα BESS	2,4 MW ευέλικτο	Ρητή αποθήκευση - Β - BESS	Διαθέσιμα τρέχοντα δεδομένα· ιστορικά δεδομένα που δεν είναι ακόμη διαθέσιμα	SCADA/ EMS	15 λεπτά	
7	Τηλεχειριστήριο Polytec BESS	0,5 MW ευέλικτο	Ρητή αποθήκευση - Β - BESS	Διαθέσιμα τρέχοντα δεδομένα· ιστορικά δεδομένα που δεν είναι ακόμη διαθέσιμα	SCADA/ EMS	15 λεπτά	
8	Φούρνοι Εκτύπωσης Poncial	1,6 MW	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη διαδικασία	Οκτώβριος 2026 - Δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	SCADA/ EMS	15 λεπτά	1) Περιορισμένη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση 2) Μέγιστη διαμόρφωση <15 λεπτά
9	Φούρνος σβέσης Poncial	0,2 MW	Α - Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία – Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη διαδικασία	Οκτώβριος 2026· Δεν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα	SCADA/ EMS	15 λεπτά	1) Περιορισμένη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση 2) Μέγιστος χρόνος

							διαμόρφωσης <1 ώρα

2.2.2 Πιλοτική τοποθεσία #2: Αποτελέσματα έρευνας Αυστριακού πιλοτικού έργου

Πιλοτική επισκόπηση και εμπλεκόμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα βρίσκεται στη νοτιοανατολική Στυρία και καλύπτει τις δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις Gsellmann Mischfuttererzeugung και Fleischhof Raabtal, με διαφορετικές διαδικασίες παραγωγής και προφίλ χρήσης ενέργειας. Ο EEE συντονίζει το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα. Το EVON λειτουργεί ως κόμβος δεδομένων του πιλοτικού προγράμματος και παρέχει πρόσβαση στα βιομηχανικά δεδομένα μέσω συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στις δύο τοποθεσίες. Αυτό διευκολύνει τη συλλογή και ερμηνεία δεδομένων ενέργειας και διεργασιών και υποστηρίζει την καλύτερη κατανόηση της υπάρχουσας λογικής λειτουργίας και ελέγχου.

Η Gsellmann δραστηριοποιείται στον τομέα της παραγωγής ζωοτροφών. Οι δραστηριότητές της περιλαμβάνουν την πρόσληψη σιτηρών, την ξήρανση, την άλεση, την έλαση, τη συμπίεση, την ανάμειξη, τη μεταφορά και την αποθήκευση σε σιλό. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καθοδηγείται σε μεγάλο βαθμό από κινητήρες και εξοπλισμό παραγωγής που λειτουργούν σε συνεχείς διαδικασίες και διαδικασίες που βασίζονται σε παρτίδες. Η διαθεσιμότητα ενδιάμεσης αποθήκευσης εντός του συστήματος παραγωγής επιτρέπει τον επαναπρογραμματισμό ορισμένων σταδίων επεξεργασίας εντός των ορίων του σχεδίου παραγωγής.

Η Fleischhof Raabtal δραστηριοποιείται στον τομέα της επεξεργασίας κρέατος, με δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τη σφαγή, τον τεμαχισμό και την επεξεργασία κρέατος, την ψύξη, την ψυκτική αποθήκευση και τη λειτουργία χώρων εργασίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Το προφίλ ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται έντονα από τη συνεχή ζήτηση ψύξης. Επομένως, η δυνητική ευελιξία εξαρτάται κυρίως από τη θερμική αδράνεια των ψυκτικών χώρων και από τη δυνατότητα προσωρινής προσαρμογής της λειτουργίας ψύξης διατηρώντας παράλληλα τις απαιτούμενες θερμοκρασίες, τα πρότυπα υγιεινής και τις συνθήκες ασφάλειας των τροφίμων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας παρέχουν μια εναρμονισμένη επισκόπηση της ενεργειακής κατάστασης, της σύνδεσης με το δίκτυο, των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης, των τεχνολογιών επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης και των δυνητικά ευέλικτων βιομηχανικών περιουσιακών στοιχείων και στις δύο εγκαταστάσεις. Οι πληροφορίες παρουσιάζονται χωριστά για κάθε βιομηχανική εγκατάσταση. Πρόσθετα ενεργειακά και λειτουργικά δεδομένα που παρέχονται από τις δύο εταιρείες συμπληρώνουν τα αποτελέσματα της έρευνας. Οι επιβεβαιωμένες τιμές, οι εκτιμήσεις και οι πληροφορίες που απαιτούν περαιτέρω εξειδίκευση διακρίνονται σαφώς σε ολόκληρη την ενότητα.

Βασικά δεδομένα πιλότου

- **Κατανάλωση ενέργειας:** Η Gsellmann έχει συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 3.700 MWh. Λόγω της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις

επιτόπιες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που εισάγεται από το δημόσιο δίκτυο είναι περίπου 2.371 MWh. Η τοποθεσία έχει επίσης ετήσια κατανάλωση θερμότητας περίπου 7.000 MWh, που απαιτείται κυρίως με τη μορφή ατμού διεργασίας για την παραγωγή ζωοτροφών. Η Fleischhof Raabtal έχει συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 5.800 MWh. Οι επιτόπιες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις της καλύπτουν μέρος αυτής της ζήτησης, μειώνοντας την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που αγοράζεται από το δημόσιο δίκτυο σε περίπου 4.260 MWh. Η ετήσια κατανάλωση θερμότητας της τοποθεσίας ανέρχεται σε περίπου 3.499 MWh και σχετίζεται με τις θερμικές απαιτήσεις της επεξεργασίας κρέατος και των σχετικών εργασιών.

- **Μέγιστο φορτίο και προφίλ φορτίου:** Στο Gsellmann, οι αιχμές ηλεκτρικού φορτίου μικρής διάρκειας φτάνουν έως και τα 1.500 kW. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι υψηλότερο κατά τη διάρκεια της ημερήσιας παραγωγής και ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τη λειτουργία των μύλων, των κυλίνδρων και των πιεστηρίων που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παραγωγής. Στο Fleischhof Raabtal, το προφίλ φορτίου χαρακτηρίζεται από ένα συνεχές βασικό φορτίο από την ψύξη σε συνδυασμό με μεταβλητά φορτία από δραστηριότητες επεξεργασίας κρέατος και χώρους εργασίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Τα φορτία αιχμής εμφανίζονται γενικά κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- **Σύνδεση με το δίκτυο: Το** Gsellmann συνδέεται με το δίκτυο μέσης τάσης με συμβατική ισχύ σύνδεσης 1.300 kW. Αυτή η χωρητικότητα καθορίζει το τακτικό όριο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από το δημόσιο δίκτυο. Στο Fleischhof Raabtal, η σύνδεση με το δίκτυο καλύπτει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που δεν καλύπτεται από την επιτόπια παραγωγή φωτοβολταϊκών και εξυπηρετεί την εξαγωγή πλεονάζουσας φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάσταση λειτουργεί επίσης επτά σταθμούς φόρτισης AC, ο καθένας εξοπλισμένος με δύο σημεία φόρτισης 11 kW και έναν σταθμό φόρτισης DC με δύο σημεία φόρτισης 25 kW. Αυτό αντιστοιχεί σε 16 σημεία φόρτισης με συνολική εγκατεστημένη ισχύ φόρτισης 204 kW.
- **Λειτουργικοί περιορισμοί:** Στην Gsellmann, η ευέλικτη λειτουργία περιορίζεται από το συμβατικό όριο ζήτησης, τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής, τις παραγγελίες των πελατών και την απαιτούμενη συνέχεια της παραγωγικής διαδικασίας. Στο Fleischhof Raabtal, τα όρια θερμοκρασίας, οι απαιτήσεις συνεχούς ψυκτικής αλυσίδας, τα πρότυπα υγιεινής και τα χρονοδιαγράμματα επεξεργασίας κρέατος περιορίζουν τις προσαρμογές στην ψύξη και άλλα φορτία που σχετίζονται με την παραγωγή.
- **Διαχείριση και έλεγχος ενέργειας:** Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας χρησιμοποιούνται και στις δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και των σχετικών συνθηκών διεργασίας. Στο Gsellmann, το σύστημα υποστηρίζει επίσης τη διαχείριση φορτίου σε επίπεδο τοποθεσίας με βάση προκαθορισμένες προτεραιότητες για τα συνδεδεμένα στοιχεία παραγωγής. Τα δεδομένα ενέργειας και λειτουργίας είναι διαθέσιμα για τα εργοστάσια και τα πιεστήρια που ερευνήθηκαν. Στο Fleischhof Raabtal, τα δεδομένα ενέργειας και θερμοκρασίας είναι διαθέσιμα για τα ερευνητικά ψυκτικά στοιχεία. Τα συστήματα της EVON είναι εγκατεστημένα και στις δύο τοποθεσίες και παρέχουν τη διεπαφή δεδομένων για το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα, καθιστώντας διαθέσιμα σχετικά δεδομένα ενέργειας και

διεργασιών, καθώς και πληροφορίες σχετικά με την υπάρχουσα λογική ελέγχου τοποθεσίας για τις αναλύσεις LEONARDO.

Τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης

Και οι δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις λειτουργούν επιτόπου παραγωγή φωτοβολταϊκών. Η Gsellmann λειτουργεί δύο φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις με 1.500 kWp η καθεμία, με αποτέλεσμα συνδυασμένη εγκατεστημένη ισχύ 3.000 kWp. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των εγκαταστάσεων ανέρχεται σε περίπου 2.799 MWh, εκ των οποίων περίπου 1.339 MWh τροφοδοτούνται στο δίκτυο.

Η Gsellmann έχει επίσης εγκαταστήσει ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας χωρητικότητας 6 MWh. Η μπαταρία έχει προγραμματιστεί να τεθεί σε λειτουργία το 2026.

Η Fleischhof Raabtal λειτουργεί φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.757 kWp. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των εγκαταστάσεων ανέρχεται σε περίπου 1.810 MWh, εκ των οποίων περίπου 118 MWh τροφοδοτούνται στο δίκτυο.

Σχεδιάζεται περαιτέρω επέκταση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων κατά περίπου 250 έως 300 kWp. Η τοποθεσία εξετάζει επίσης τη μελλοντική εγκατάσταση ενός συστήματος αποθήκευσης μπαταριών.

ΠΊΝΑΚΑΣ 4: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #2 - ΤΕΧΝΟΛΟΓΊΕΣ ΕΠΙΤΌΠΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΉΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΉΚΕΥΣΗΣ –

Αναγνωριστικό τεχνολογίας	Τεχνολογία	Εγκατεστημένη ισχύς	Συμμετέχετε στο LEONARDO;	Ταξινόμηση ευελιξίας	Διαθεσιμότητα δεδομένων	Πρόσβαση σε δεδομένα
GS-PV1	PV – Γκέλμαν	1.500 kWp	Ναι	Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας· Κατηγορία Γ· Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα	Εγκατεστημένο σύστημα διαχείρισης ενέργειας
GS-PV2	PV – Γκέλμαν	1.500 kWp	Ναι	Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας· Κατηγορία Γ· Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα	Εγκατεστημένο σύστημα διαχείρισης ενέργειας
GS-BESS1	Αποθήκευση ενέργειας μπαταρίας – Gsellmann	6 MWh	Ναι	Έμμεση ή ρητή αποθήκευση. Κατηγορία Β; Αποθήκευση	Προς το παρόν δεν υπάρχουν διαθέσιμα επιχειρησια	Πρόσβαση μέσω εγκατεστημένου συστήματος που

				ενέργειας μπαταρίας	κά δεδομένα	προβλέπεται μετά τη θέση σε λειτουργία
FR-PV1	PV – Fleischhof Raabtal	1.757 kWp	Ναι	Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας· Κατηγορία Γ· Μη ελεγχόμενη (μη κατανεμόμενη) παραγωγή (ΑΠΕ)	Διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα	Εγκατεστημένο σύστημα / εξαγωγή δεδομένων

Ευέλικτα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και διαδικασίες

Οι δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις έχουν θεμελιωδώς διαφορετικά προφίλ ευελιξίας. Στη Gsellmann, η ευελιξία χρησιμοποιείται ήδη εσωτερικά για τον περιορισμό της ζήτησης αιχμής στο δίκτυο και τη διατήρηση του φορτίου του εργοταξίου εντός της συμβατικής ισχύος σύνδεσης στο δίκτυο των 1.300 kW. Το υπάρχον σύστημα διαχείρισης φορτίου ακολουθεί μια προκαθορισμένη ακολουθία προτεραιότητας. Όταν το φορτίο του εργοταξίου πλησιάζει το όριο σύνδεσης, οι επιλεγμένες φρέζες μπορούν πρώτα να μειωθούν από τη λειτουργία φορτίου στη λειτουργία εκτός φορτίου και στη συνέχεια να απενεργοποιηθούν εάν απαιτείται περαιτέρω μείωση του φορτίου.

Οι διαθέσιμες επιλογές λειτουργίας εξαρτώνται από τον αντίστοιχο τύπο περιουσιακού στοιχείου. Οι μύλοι και οι κύλινδροι μπορούν να λειτουργούν υπό φορτίο, να συνεχίσουν σε λειτουργία εκτός φορτίου ή να απενεργοποιηθούν. Οι πρέσες κόκκων δεν έχουν τρόπο λειτουργίας εκτός φορτίου και επομένως μπορούν είτε να συνεχίσουν την παραγωγή είτε να απενεργοποιηθούν. Η απογραφή ευελιξίας επικεντρώνεται στα στοιχεία παραγωγής που είναι ενσωματωμένα στο υπάρχον σύστημα διαχείρισης φορτίου.

Η Gsellmann λειτουργεί με σύντομους χρόνους παράδοσης παραγωγής και μπορεί να προσαρμόσει την ακολουθία των παραγγελιών παραγωγής εντός της ίδιας ημέρας. Επομένως, η πιο ρεαλιστική πρόσθετη ευελιξία έγκειται στη μετατόπιση μεμονωμένων σταδίων παραγωγής εντός αρκετών ωρών, για παράδειγμα σε περιόδους με υψηλότερη παραγωγή φωτοβολταϊκών ή ευνοϊκότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας. Οι απαιτήσεις παραγωγής και οι προτεραιότητες των πελατών παραμένουν οι καθοριστικοί περιορισμοί.

Στο Fleischhof Raabtal, η ψύξη και η ψυκτική αποθήκευση αντιπροσωπεύουν τις κύριες διαδικασίες που σχετίζονται με την ευελιξία. Τα σχετικά ψυκτικά στοιχεία περιλαμβάνουν κατεψυγμένους χώρους αποθήκευσης και ψύξης και έναν χώρο εργασίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας.

Ο χώρος αποθήκευσης κατάψυξης λειτουργεί μεταξύ 40 και 130 kW και έχει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 456 MWh. Η θερμοκρασία του πρέπει να παραμένει στους -18°C ή κάτω. Ο χώρος ψύξης λειτουργεί μεταξύ 10 και 85 kW και έχει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 277 MWh. Η θερμοκρασία στόχος του είναι +2°C. Ο χώρος εργασίας με

ελεγχόμενη θερμοκρασία πρέπει να παραμένει μεταξύ 8°C και 12°C. Τα ελάχιστα επίπεδα λειτουργίας αντικατοπτρίζουν τη σχεδόν συνεχή λειτουργία τμημάτων των συστημάτων ψύξης.

Πιθανή ευελιξία προκύπτει από την προσαρμογή της λειτουργίας ψύξης εντός των επιτρεπόμενων ορίων θερμοκρασίας και τη χρήση της θερμικής αδράνειας των ψυκτικών χώρων. Η προγνωστική προψύξη θα μπορούσε να μετατοπίσει μέρος της ζήτησης ψύξης ανάλογα με τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και τις καιρικές συνθήκες. Η επιτρεπόμενη ρύθμιση της θερμοκρασίας, η διάρκεια της μείωσης του φορτίου και η επακόλουθη ζήτηση ανάκτησης πρέπει ακόμη να επιβεβαιωθούν με τον χώρο.

Και για τις δύο εγκαταστάσεις, η εγκατεστημένη δυναμικότητα και το εύρος λειτουργίας δεν αντιστοιχούν άμεσα στην ευελιξία που είναι διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή. Η ευελιξία που είναι διαθέσιμη σε μια συγκεκριμένη περίοδο εξαρτάται από την κατάσταση παραγωγής, τις υφιστάμενες προτεραιότητες διαχείρισης φορτίου, τα όρια θερμοκρασίας και τη διάρκεια για την οποία μπορεί να διατηρηθεί η προσαρμογή. Οι παράμετροι αυτές θα αξιολογηθούν περαιτέρω με βάση τα διαθέσιμα επιχειρησιακά δεδομένα.

ΠΊΝΑΚΑΣ 5: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #2 - ΕΥΈΛΙΚΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΆ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΚΆ ΣΤΟΙΧΕΊΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΊΕΣ

Αναγνωριστικό στοιχείου	**Περιουσιακό στοιχείο ή διαδικασία**	**Φορτίο αιχμής και χρονισμός**	**Ταξινόμηση ευελιξίας**	**Διαθεσιμότητα δεδομένων**	**Διεπαφή/πηγή πρόσβασης δεδομένων**	**Κοκκοποίηση**	**Κύριοι περιορισμοί**
GS-A1	Μύλος σιτηρών 3.01 – Gsellmann	140 kW, ημέρα; λειτουργία εκτός φορτίου στα 20 kW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-A2	Μύλος σιτηρών 3.02 – Gsellmann	80 kW, ημέρα; λειτουργία εκτός φορτίου στα 10 kW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-A3	Κύλινδρος 3.01 – Gsellmann	30 kW, ημέρα; λειτουργία εκτός φορτίου στα 10 kW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο	Δεν έχει αναφερθεί	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής

				ιστορικά δεδομένα	στάδιο της προετοιμασίας		
GS-A4	Πρέσα σιτηρών 4.01 – Gsellmann	100 kW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-A5	Πρέσα σιτηρών 5.01 – Gsellmann	80 kW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-A6	Πρέσα σιτηρών 6.01 – Gsellmann	100 kW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-B1	Μύλος σιτηρών 310 – Gsellmann	170 kW, ημέρα; λειτουργία εκτός φορτίου στα 30 kW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-B2	Κύλινδρος 310 – Gsellmann	25 kW, ημέρα; λειτουργία εκτός φορτίου στα 15 kW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά που αναφέρονται στην έρευνα	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής

GS-B3	Πρέσα σιτηρών 1 – Gsellmann	110 kW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά που αναφέρονται στην έρευνα	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
GS-B4	Πρέσα σιτηρών 2 – Gsellmann	110 kW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα, δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	Εξαγωγή μέσω EVON. Η συχνότερη παροχή δεδομένων βρίσκεται στο στάδιο της προετοιμασίας	15 λεπτά που αναφέρονται στην έρευνα	Ρύθμιση προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας· σχέδιο παραγωγής
FR-A1	Αποθήκη κατεψυγμένων τροφίμων – Fleischhof Raabtal	40–130 kW, ημέρα· 456 MWh το 2025	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη ισχύς	Διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα	Εγκατεστημένο σύστημα μέσω EVON, τακτική σύνδεση δεδομένων υπό προετοιμασία	15 λεπτά	Η θερμοκρασία πρέπει να παραμένει στους -18°C ή κάτω
FR-A2	Ψυκτικό δωμάτιο – Fleischhof Raabtal	10–85 kW, ημέρα· 277 MWh το 2025	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη ισχύς	Διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα	Εγκατεστημένο σύστημα μέσω EVON, τακτική σύνδεση δεδομένων υπό προετοιμασία	15 λεπτά	Επιθυμητή θερμοκρασία +2°C
FR-A3	Χώρος εργασίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας – Fleischhof Raabtal	Δεν αναφέρεται η χωρητικότητα και το φορτίο αιχμής· ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, ρυθμιζόμενη ισχύς	Διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα	Εγκατεστημένο σύστημα μέσω EVON, τακτική σύνδεση δεδομένων υπό προετοιμασία	15 λεπτά	Η θερμοκρασία πρέπει να παραμένει μεταξύ 8°C και 12°C

2.2.3 Πιλοτική Περιοχή #3: Αποτελέσματα Έρευνας Βουλγαρο-Ελληνική Πιλοτική Εφαρμογή

Πιλοτική επισκόπηση και εμπλεκόμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας είναι ένα διακρατικό πιλοτικό πρόγραμμα που εκτείνεται σε δύο διασυνδεδεμένες περιοχές εξισορρόπησης: την περιοχή εξισορρόπησης της Σόφιας, την οποία διαχειρίζεται ο ΔΣΜ της Βουλγαρίας, ESO, και την περιοχή της Θεσσαλονίκης,

την οποία διαχειρίζεται ο ΑΔΜΗΕ. Οι δύο περιοχές συνδέονται με τη διασυνοριακή διασύνδεση μεταφοράς Βουλγαρίας-Ελλάδας. Η έρευνα καλύπτει τις δύο βιομηχανικές περιοχές του πιλοτικού προγράμματος, μία σε κάθε πλευρά των συνόρων: το βουλγαρικό βιομηχανικό σύμπλεγμα που περιλαμβάνει τις STOMANA Industry, SofiaMed και ETEM Gestamp και το βιομηχανικό συγκρότημα HELLENiQ ENERGY Thessaloniki στην Ελλάδα. Η UPAT ενεργεί ως συντονιστής του πιλοτικού προγράμματος και για τις δύο πλευρές.

Η STOMANA Industry είναι μια χαλυβουργία της οποίας το εργοστάσιο περιλαμβάνει τέσσερις κύριες περιοχές παραγωγής (μονάδα τήξης, ελασματουργείο, ελασματουργείο και σφαιρουργείο) και η οποία συγκαταλέγεται μεταξύ των πέντε μεγαλύτερων καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας της Βουλγαρίας. Στο πλαίσιο του πιλοτικού προγράμματος, η STOMANA λειτουργεί επίσης ως φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης ευελιξίας για το βουλγαρικό βιομηχανικό σύμπλεγμα του οποίου ηγείται. Συμμετέχει άμεσα στις βουλγαρικές αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και ενδοημερήσιας ενέργειας που διαχειρίζεται η IBEX, ενεργώντας ως δικό της Balance Responsible Party. Η SofiaMed λειτουργεί διεργασίες χυτηρίου, έλασης και εξώθησης χαλκού, καλύπτοντας στάδια από την τήξη και τη χύτευση χαλκού και κραμάτων χαλκού έως τη διαμόρφωση του υλικού μέσω έλασης και εξώθησης. Η ETEM Gestamp επικεντρώνεται στη διέλαση αλουμινίου και σε συναφείς δραστηριότητες κατάντη επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένης επίσης μιας επιτόπιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Το Βιομηχανικό Συγκρότημα HELLENiQ ENERGY Θεσσαλονίκης είναι ένα διυλιστήριο υδρο-αποκορύφωσης που εκτελεί μια συνεχή διαδικασία διύλισης που ξεκινά με απόσταξη αργού πετρελαίου και συνεχίζεται μέσω δευτερογενούς επεξεργασίας και υδροεπεξεργασίας, μαζί με τη σχετική παραγωγή πετροχημικών, ιδίως μια γραμμή πολυπροπυλενίου. Συνδέεται με το δίκτυο μεταφοράς του ΑΔΜΗΕ και συμμετέχει στις ελληνικές αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και ενδοημερήσιας ενέργειας που διαχειρίζεται το ΕΧΕ μέσω ενός φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης.

Οι δύο εγκαταστάσεις αντιπροσωπεύουν δύο ριζικά διαφορετικούς βιομηχανικούς τομείς (χαλυβουργία ηλεκτρικού τόξου, επεξεργασία χαλκού και αλουμινίου και διύλιση πετρελαίου) και, όπως δείχνουν οι ακόλουθες υποενότητες, δύο θεμελιωδώς διαφορετικά προφίλ ευελιξίας. Ελήφθησαν συμπληρωμένα ερωτηματολόγια της έρευνας και από τις τέσσερις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και καλύπτουν πιλοτικά βασικά δεδομένα, τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης και ευέλικτα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και διαδικασίες. Τα παρακάτω αποτελέσματα αναφέρουν τις πληροφορίες ακριβώς όπως επιστράφηκαν. Όταν μια τιμή δεν αναφέρθηκε ή δεν ισχύει, αυτό αναφέρεται άμεσα.

Βασικά δεδομένα πιλότου

- **Κατανάλωση ενέργειας:** Τα αναφερόμενα στοιχεία αναφέρονται στις επιμέρους βιομηχανικές εγκαταστάσεις και όχι στο πιλοτικό πρόγραμμα στο σύνολό του. Η STOMANA αναφέρει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 412.576 MWh, ενώ δεν αναφέρθηκε καμία κατανάλωση θερμότητας. Η SofiaMed αναφέρει κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 85.453,53 MWh/έτος, ενώ η ETEM Gestamp αναφέρει κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 25.600 MWh/έτος, χωρίς να αναφέρεται τιμή κατανάλωσης θερμότητας σε καμία από τις δύο εγκαταστάσεις.

- Η HELLENiQ αναφέρει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 227.493 MWh και ετήσια κατανάλωση θερμότητας 146.765,5 FOET, που ισοδυναμεί με 1.640.581 MWh, γεγονός που αντικατοπτρίζει τον χαρακτήρα της διαδικασίας διύλισης, η οποία βασίζεται σε καύσιμα.
- **Φορτίο αιχμής και προφίλ φορτίου:** Η STOMANA αναφέρει μέγιστο ηλεκτρικό φορτίο 115 MW, η SofiaMed 15,4 MW, η ETEM Gestamp 5,5 MW και η HELLENiQ 31,3 MW. Όλες οι εγκαταστάσεις αναφέρουν ζήτηση αιχμής κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι STOMANA, ETEM Gestamp και HELLENiQ αναφέρουν χαμηλή μεταβλητότητα φορτίου, ενώ η SofiaMed αναφέρει υψηλή μεταβλητότητα φορτίου.
- **Σύνδεση με το δίκτυο: Οι** συμμετέχουσες εγκαταστάσεις συνδέονται σε διαφορετικά επίπεδα τάσης. Το STOMANA συνδέεται σε υπερυψηλή τάση (πάνω από 150 kV), με αναφερόμενη ισχύ σύνδεσης 200 MVA και 180 MVA για καθεμία από τις δύο γραμμές. Το SofiaMed συνδέεται σε υψηλή τάση, με τροφοδοσία στα 110 kV. Η ETEM Gestamp αναφέρει επίπεδο μετασχηματισμού 20/0,4 kV στην ηλεκτρική της υποδομή. Η HELLENiQ συνδέεται σε υψηλή τάση (36–150 kV), με αναφερόμενη ισχύ σύνδεσης 89 MVA για κάθε μία από τις δύο γραμμές. Η αναφερόμενη ηλεκτρική υποδομή παραμένει συνεπής με τον προσανατολισμό των πιλοτικών περιπτώσεων χρήσης προς τους ΔΣΜ.
- **Λειτουργικοί περιορισμοί:** Και οι δύο πλευρές αναφέρουν λειτουργικούς περιορισμούς και και στις δύο περιπτώσεις ο περιορισμός είναι τύπου χρονοδιαγράμματος. Καμία από τις δύο εγκαταστάσεις δεν ανέφερε όριο ζήτησης ή όριο έγχυσης.
- **Διαχείριση και έλεγχος ενέργειας:** Και οι δύο πλευρές αναφέρουν ένα διαθέσιμο EMS, που χρησιμοποιείται σε επίπεδο βιομηχανικής τοποθεσίας. Η STOMANA και η ETEM Gestamp λειτουργούν εγκαταστάσεις EMS της Schneider Electric, η SofiaMed αναφέρει ένα διαθέσιμο EMS ενώ η HELLENiQ λειτουργεί το Powernet και το Protasis Zenon EMS. Προς το παρόν, τα δεδομένα της διαδικασίας ανακτώνται και από τις δύο πλευρές με χειροκίνητη εξαγωγή. Η μπαταρία STOMANA είναι προσβάσιμη μέσω μιας διεπαφής SCADA/EMS και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ETEM Gestamp είναι επίσης προσβάσιμη μέσω μιας διεπαφής SCADA/EMS.

Τεχνολογίες επιτόπιας παραγωγής και αποθήκευσης

Η έρευνα εντόπισε δύο επιτόπιες ενεργειακές τεχνολογίες σε όλο το πιλοτικό πρόγραμμα: μια εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας 0,2 MWh στο STOMANA και 4 MW παραγωγής φωτοβολταϊκών στην ETEM Gestamp. Η μπαταρία STOMANA περιλαμβάνεται στις δραστηριότητες του LEONARDO και είναι προσβάσιμη μέσω διεπαφής SCADA/EMS, ενώ η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση παρακολουθείται μέσω της υποδομής EMS/SCADA. Η STOMANA δεν ανέφερε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών, υδροηλεκτρικών, συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, αιολικής ενέργειας ή υδρογόνου και η HELLENiQ επέστρεψε «μη εφαρμόσιμη» για όλες τις κατηγορίες, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει διαθέσιμη επιτόπια παραγωγή ή αποθήκευση στην ελληνική εγκατάσταση.

Αυτό είναι ένα καθοριστικό χαρακτηριστικό του πιλοτικού προγράμματος Βουλγαρίας-Ελλάδας και το διακρίνει από τα άλλα δύο πιλοτικά έργα του LEONARDO: χωρίς σημαντικούς κατανεμημένους ενεργειακούς πόρους και από τις δύο πλευρές, η ευελιξία αυτού του πιλοτικού προγράμματος βασίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στις ίδιες τις βιομηχανικές διεργασίες και όχι στα περιουσιακά στοιχεία παραγωγής ή αποθήκευσης. Ο φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης των 0,2

MWh είναι πολύ μικρός σε σχέση με τα φορτία αιχμής των 115 MW και 31,3 MW για να συμβάλει ουσιαστικά στην υποβολή προσφορών στην αγορά και, ως εκ τούτου, είναι σημαντικός κυρίως ως σημείο αναφοράς για την πρόσβαση σε δεδομένα και τον έλεγχο-ενοποίηση. Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση των 4 MW δεν μεταβάλλει ουσιαστικά αυτόν τον χαρακτηρισμό, καθώς η κλίμακά της παραμένει περιορισμένη σε σχέση με τη βιομηχανική ζήτηση του συμπλέγματος και η συμβολή της είναι πρωτίστως ως τοπικός παραγωγός και όχι ως σημαντικός ευέλικτος πόρος.

ΠΊΝΑΚΑΣ 6: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #3 - ΤΕΧΝΟΛΟΓΊΕΣ ΕΠΙΤΌΠΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΉΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΉΚΕΥΣΗΣ

Αναγνωριστικό τεχνολογίας	Τεχνολογία	Εγκατεστημένη ισχύς	Συμμετέχετε στο LEONARDO;	Ταξινόμηση ευελιξίας	Διαθεσιμότητα δεδομένων	Πρόσβαση σε δεδομένα
Batt 1	Αποθήκευση ενέργειας μπαταρίας (STOMANA)	0,2 MWh	Ναι	Έμμεση ή ρητή αποθήκευση. Κατηγορία Β; Αποθήκευση ενέργειας μπαταρίας	Διαθέσιμο	SCADA/EMS
Φ/Β 1	Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας χωρίς δυνατότητα μεταφοράς (ETEM)	4 MW	Ναι	Επιτόπια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας· Κατηγορία Γ	Διαθέσιμο	SCADA/EMS

Ευέλικτα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και διαδικασίες

Το είδος της βιομηχανικής δραστηριότητας που πραγματοποιείται σε κάθε τοποθεσία καθορίζει τη διαθέσιμη ευελιξία. Η STOMANA λειτουργεί ηλεκτρική χαλυβουργία, στην οποία το μονάδα τήξης αντλεί πολύ μεγάλη ισχύ σε διακριτές παρτίδες τήξης που μπορούν να ξεκινήσουν νωρίτερα ή αργότερα στο πλαίσιο του σχεδίου παραγωγής. Και οι τέσσερις ευέλικτες ομάδες περιουσιακών στοιχείων που αναφέρονται από τη STOMANA ταξινομούνται στο αρχέτυπο Reschedulable process (Class A) με τον υποτύπο Interruptible, fixed power process, και αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης του χώρου. Η SofiaMed και η ETEM Gestamp αναφέρουν επίσης επαναπρογραμματιζόμενες βιομηχανικές διεργασίες, αν και σε χαμηλότερα επίπεδα ισχύος και με διαφορετικά χαρακτηριστικά παραγωγής. Η HELLENiQ, αντίθετα, λειτουργεί μια διαδικασία συνεχούς διύλισης στην οποία, όπως αναφέρει η εγκατάσταση, η προσαρμογή της διαδικασίας είναι σπάνια και περιορισμένη στην παραγωγή.

Από τη βουλγαρική πλευρά, τα αναφερόμενα περιουσιακά στοιχεία της STOMANA είναι η τήξη σκραπ στις καμίνους βολταϊκού τόξου (εγκατεστημένα 195 MVA, 205,08 GWh/έτος, 107 MW μη συμπίπτουσα αιχμή), η δευτερογενής μεταλλουργία στις καμίνους κάδου (36 MVA, 26,53 GWh/έτος, 34,8 MW), η μονάδα τήξης (13 MVA, 22,59 GWh/έτος, 11,3 MW) και οι μονάδες φιλτραρίσματος (17 MVA, 18,4 GWh/έτος, 14,4 MW). Οι τρεις πρώτες κορυφές κατά τη διάρκεια της ημέρας και οι μονάδες φιλτραρίσματος τη νύχτα. Ένα σημαντικό προσόν ισχύει για την ανάπαυση της μονάδας τήξης: από το συνολικό φορτίο της, μόνο η διαδικασία χύτευσης, περίπου

5 MVA, θεωρείται ικανή να παρέχει ευελιξία. Η ισχύς του κινητήρα των επιμέρους μονάδων τήξης επιβεβαιώνεται, αλλά η ευέλικτη χωρητικότητα, ο χρόνος στον οποίο μπορεί να προσφερθεί και η διαθεσιμότητά της εξαρτώνται από την επικύρωση των ορίων της διαδικασίας, η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη στο πλαίσιο του πιλοτικού προγράμματος. Η SofiaMed αναφέρει τρεις κύριες ομάδες διεργασιών επεξεργασίας χαλκού: χυτήριο (33,88 GWh/έτος, 7,01 MW αιχμής), έλαση (41,83 GWh/έτος, 8,77 MW αιχμής) και εξώθηση (9,74 GWh/έτος, 1,76 MW αιχμής). Και οι τρεις κορυφώνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας και προσδιορίζονται ως επαναπρογραμματιζόμενες διεργασίες. Ως εκ τούτου, η ευελιξία τους συνδέεται κυρίως με την προσαρμογή του χρονοδιαγράμματος των εργασιών παραγωγής έντασης ηλεκτρικής ενέργειας εντός του χρονοδιαγράμματος παραγωγής, με την επιφύλαξη των απαιτήσεων συνέχειας παραγωγής και ποιότητας προϊόντος. Η ETEM Gestamp αναφέρει διέλαση αλουμινίου (15,57 GWh/έτος), δευτερογενή επεξεργασία (4,47 GWh/έτος) και μια πρόσθετη ομάδα βιομηχανικών διεργασιών (0,56 GWh/έτος). Και οι τρεις ταξινομούνται ως Επαναπρογραμματιζόμενη διεργασία (Κλάση Α), Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς. Ως εκ τούτου, η ευελιξία τους συνδέεται κυρίως με τη μετατόπιση ή τη διακοπή των εργασιών παραγωγής εντός των επιτρεπόμενων χρονικών περιθωρίων προγραμματισμού, ενώ η ακριβής ευέλικτη χωρητικότητα, ο χρονισμός και η διάρκεια παραμένουν εξαρτημένα από την επικύρωση σε επίπεδο διεργασίας.

Από ελληνικής πλευράς, το μοναδικό αναφερόμενο περιουσιακό στοιχείο είναι ο κινητήρας εξώθησης της γραμμής παραγωγής πολυπροπυλενίου, με εγκατεστημένη ισχύ 5.400 kW, κατανάλωση 70.459 MWh/έτος και φορτίο αιχμής 4.670 kW. Μπορεί να προσαρμοστεί έως και 1 MW της κατανάλωσής του. Οι κύριοι περιορισμοί είναι οι απαιτήσεις της διαδικασίας και οι εμπορικές ανάγκες της μονάδας και δεν υπάρχει συγκεκριμένη περίοδος αιχμής κατανάλωσης, επειδή η κατανάλωση ποικίλλει ανάλογα με την ποιότητα του πολυπροπυλενίου που παράγεται.

Δύο διαφορές μεταξύ των τοποθεσιών είναι σημαντικές για τις εργασίες μοντελοποίησης. Πρώτον, η κλίμακα: το βουλγαρικό cluster συνδυάζει τα ευέλικτα περιουσιακά στοιχεία της STOMANA που λειτουργούν σε δεκάδες μεγαβάτ με πρόσθετες αναπρογραμματιζόμενες διαδικασίες στη SofiaMed και την ETEM Gestamp, ενώ το ρυθμιζόμενο μερίδιο του περιουσιακού στοιχείου HELLENiQ περιορίζεται σε περίπου 1 MW, επομένως η βουλγαρική πλευρά κυριαρχεί στη συνολική ευελιξία του πιλοτικού προγράμματος. Δεύτερον, η ανάλυση δεδομένων: τα δεδομένα του βουλγαρικού συμπλέγματος είναι διαθέσιμα σε ανάλυση 15 λεπτών, ενώ τα δεδομένα του HELLENiQ είναι διαθέσιμα ανά ώρα, γεγονός που περιορίζει τη χρονική ανάλυση στην οποία μπορεί να χαρακτηριστεί το διασυνοριακό σύνολο. Και στις δύο τοποθεσίες είναι διαθέσιμα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα και επί του παρόντος ανακτώνται με χειροκίνητη εξαγωγή.

ΠΊΝΑΚΑΣ 7: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - ΕΥΈΛΙΚΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΆ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΚΆ ΣΤΟΙΧΕΊΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΊΕΣ

Αναγνωριστικό στοιχείου	Περιουσιακό στοιχείο ή διαδικασία	Φορτίο αιχμής και χρονισμός	Ταξινόμηση ευελιξίας	Διαθεσιμότητα δεδομένων	Διεπαφή/πηγή πρόσβασης δεδομένων	Κοκκοποίηση	Κύριοι περιορισμοί

BG-A1	Τήξη σκραπ – EAF (STOMANA)	Ημέρα 107 MW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Όρια διεργασίας
BG-A2	Δευτερογενής μεταλλουργία – LF (STOMANA)	34,8 MW ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Όρια διεργασίας
BG-A3	Ανάπαυση – χύτευση σε κατάστημα τήξης (STOMANA)	Ημέρα 11,3 MW	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Διακοπτόμενη, σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Από το φορτίο ανάπαυσης του καταστήματος τήξης, μόνο η χύτευση (περίπου 5 MVA) είναι εύκαμπτη
BG-A4	Μονάδες φιλτραρίσματος (STOMANA)	14,4 MW τη νύχτα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)· Διακοπτόμενη,:σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Όρια διεργασίας
BG-A5	Χυτήριο (SofiaMed)	7,01 MW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Πρόγραμμα παραγωγής
BG-A6	Κυλιόμενο (SofiaMed)	8,77 MW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Περιορισμοί χρονοδιαγράμματος παραγωγής/διαδικασίας
BG-A7	Εξώθηση (SofiaMed)	1,76 MW, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Περιορισμοί χρονοδιαγράμματος παραγωγής/διαδικασίας
BG-A8	Estrusion αλουμινίου (ETEM Gestamp)	3,39 MW παρατηρούμενη μέγιστη, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)· Διακοπτόμενη,:σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Όρια διεργασίας
BG-A9	Δευτερογενής επεξεργασία (ETEM Gestamp)	1,01 MW παρατηρούμενη μέγιστη, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)· Διακοπτόμενη,:σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Όρια διεργασίας

BG-A10	Πρόσθετη ομάδα βιομηχανικών διεργασιών (ETEM Gestamp)	0,82 MW παρατηρούμενη μέγιστη, ημέρα	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A)· Διακοπτόμενη,:σταθερή ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	15 λεπτά	Ακριβής ονομασία της διεργασίας και περιορισμοί που αφορούν τη διεργασία που πρέπει να επιβεβαιωθούν
GR-A1	Κινητήρας εξώθησης, γραμμή PP (HELLENiQ)	4,67 MW χωρίς συγκεκριμένη περίοδο αιχμής	Επαναπρογραμματιζόμενη διαδικασία (A): Αδιάλειπτη, ρυθμιζόμενη ισχύς	Ιστορικός	Χειροκίνητη εξαγωγή από EMS	Ωριαία	Μέγιστο 1 MW ρυθμιζόμενο. διαδικασίες και εμπορικές απαιτήσεις· ποικίλλει ανάλογα με τον βαθμό PP

2.3 Ενοποιημένα προφίλ πιλοτικών τοποθεσιών και απογραφή ευελιξίας

Τα τρία πιλοτικά έργα LEONARDO αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά διαφορετικές διαμορφώσεις βιομηχανικών και ενεργειακών συστημάτων. Το δυναμικό ευελιξίας τους κυμαίνεται από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους σε μια τοπική περιοχή διανομής στην Ιταλία, μέσω ευελιξίας με βάση τη διαδικασία σε δύο μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις βιομηχανίας τροφίμων στην Αυστρία, έως μεγάλες βιομηχανικές διεργασίες έντασης ηλεκτρικής ενέργειας στη Βουλγαρία και την Ελλάδα.

Το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα συνδυάζει ένα ευρύ χαρτοφυλάκιο κατανεμημένων ενεργειακών πόρων, συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών φορτίων, της παραγωγής φωτοβολταϊκών, της αποθήκευσης μπαταριών, μιας ηλεκτρολυτικής κυψέλης και των περιουσιακών στοιχείων ηλεκτρικής κινητικότητας. Η διαμόρφωσή του υποστηρίζει την αξιολόγηση τόσο των υπηρεσιών εξισορρόπησης προσανατολισμένων στους ΔΣΜ όσο και των τοπικών εφαρμογών ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ.

Το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις με διαφορετικούς πόρους ευελιξίας. Στο Gsellmann, η ευελιξία συνδέεται κυρίως με το φρεζάρισμα και άλλα φορτία παραγωγής, που υποστηρίζονται από την παραγωγή φωτοβολταϊκών και μια υπάρχουσα λογική διαχείρισης φορτίου. Ένα εγκατεστημένο σύστημα αποθήκευσης μπαταριών έχει προγραμματιστεί για θέση σε λειτουργία. Στο Fleischhof Raabtal, το κύριο δυναμικό έγκειται στην ψύξη και την ψυκτική αποθήκευση, όπου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί ενδεχομένως να μετατοπιστεί εντός καθορισμένων ορίων θερμοκρασίας, υγιεινής και παραγωγής. Η ευελιξία που σχετίζεται με το DSO αξιολογείται μέσω αντιπροσωπευτικών σεναρίων.

Το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας έχει τα μεγαλύτερα βιομηχανικά φορτία. Στην ευελιξία του κυριαρχούν οι ηλεκτρικές διαδικασίες παραγωγής χάλυβα στη STOMANA, ενώ το ρυθμιζόμενο μερίδιο της διεργασίας διέλασης πολυπροπυλενίου της HELLENiQ ENERGY είναι σημαντικά μικρότερο. Σε σύγκριση με τα πιλοτικά προγράμματα της Ιταλίας και της Αυστρίας, η επιτόπια παραγωγή και αποθήκευση διαδραματίζουν περιορισμένο ρόλο. Επομένως, το κύριο

δυναμικό ευελιξίας συνδέεται με τη συγκέντρωση και τον προσανατολισμένο στην αγορά προγραμματισμό της βιομηχανικής ζήτησης.

ΠΊΝΑΚΑΣ 8: ΕΝΟΠΟΙΗΜΈΝΑ ΠΡΟΦΊΛ ΠΙΛΟΤΙΚΏΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΆΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΓΡΑΦΉ ΕΥΕΛΙΞΊΑΣ

Πιλότος	**Βιομηχανικό πλαίσιο**	**Κύριοι πόροι ευελιξίας**	**Πλαίσιο ενέργειας, ελέγχου και περιορισμών**
Ιταλικό πιλοτικό έργο	Βιομηχανικοί καταναλωτές εντός της περιοχής διανομής CEDIS	Βιομηχανικά φορτία, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπαταριών (BESS), συστήματα ηλεκτρολυτικών κυψελών, υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων και άλλοι ελεγχόμενοι κατανεμημένοι ενεργειακοί πόροι (DER).	Ένα ποικίλο χαρτοφυλάκιο περιουσιακών στοιχείων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Η ευελιξία περιορίζεται από τις απαιτήσεις της διαδικασίας, τους περιορισμούς χρόνου απόκρισης, τα όρια λειτουργίας αποθήκευσης και τις συνθήκες πρόσβασης στην αγορά.
Αυστριακό πιλοτικό έργο	Παραγωγή ζωοτροφών στο Gsellmann και επεξεργασία κρέατος με ψυκτική αποθήκευση στο Fleischhof Raabtal.	Φρεζάρισμα και άλλα φορτία παραγωγής, συστήματα ψύξης, θερμικά εύκαμπτοι χώροι ψύξης και αποθήκευση ενέργειας μπαταρίας.	Η επιτόπια παραγωγή φωτοβολταϊκών είναι διαθέσιμη και στις δύο τοποθεσίες, ενώ η Gsellmann έχει εγκατεστημένο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας που έχει προγραμματιστεί για θέση σε λειτουργία. Τα δεδομένα παρέχονται μέσω της EVON. Η ευελιξία περιορίζεται από τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής, τα διαθέσιμα παράθυρα μετατόπισης φορτίου, τα όρια θερμοκρασίας, τις απαιτήσεις υγιεινής και τους περιορισμούς της ψυκτικής αλυσίδας.
Βουλγαρο-Ελληνικό πιλοτικό πρόγραμμα	Ηλεκτρική χαλυβουργία στη STOMANA, επεξεργασία χαλκού στη SofiaMed, επεξεργασία αλουμινίου στην ETEM Gestamp και παραγωγή πολυπροπυλενίου στην HELLENiQ ENERGY	Κλίβανοι βολταϊκού τόξου, κάμινοι κάδου, άλλες διεργασίες τήξης και μονάδες διήθησης στη STOMANA. χυτήριο, έλαση και διέλαση στη SofiaMed. φορτία διέλασης αλουμινίου και κατάντη επεξεργασίας στην ETEM Gestamp. και το ρυθμιζόμενο μερίδιο του εξωθητήρα	Η ευελιξία καθοδηγείται κυρίως από μεγάλα βιομηχανικά φορτία, ενώ η επιτόπια παραγωγή και η αποθήκευση ενέργειας διαδραματίζουν περιορισμένο ρόλο. Βασικοί λειτουργικοί περιορισμοί είναι η διατήρηση της αδιάλειπτης παραγωγής, η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων και της ασφάλειας των διαδικασιών και η αντιμετώπιση των διαφορών

		πολυπροπυλενίου στην HELLENiQ ENERGY.	στην ευαισθησία των δεδομένων μεταξύ των δύο τοποθεσιών.

Συνολικά, η ενοποιημένη απογραφή δείχνει ότι τα πιλοτικά έργα καλύπτουν ευρύ φάσμα βιομηχανικής ευελιξίας, το οποίο κυμαίνεται από κατανεμημένους πόρους και πόρους που υποστηρίζονται από την αποθήκευση έως ευελιξία που βασίζεται σε διαδικασίες σε μεσαίου μεγέθους και βιομηχανίες έντασης ηλεκτρικής ενέργειας.

3 Μοντελοποίηση περιπτώσεων χρήσης ειδικά για τα πιλοτικά έργα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι λεπτομερείς προδιαγραφές και η μοντελοποίηση των ειδικών περιπτώσεων χρήσης του πιλοτικού προγράμματος. Οι περιπτώσεις χρήσης είχαν ήδη καθοριστεί σε επίπεδο έργου και αναπτύχθηκαν περαιτέρω ώστε να αντικατοπτρίζουν τις ειδικές συνθήκες των τριών πιλοτικών περιοχών του LEONARDO.

Η μοντελοποίηση επικεντρώνεται στο συγκεκριμένο πλαίσιο εφαρμογής κάθε περίπτωσης χρήσης. Αυτό περιλαμβάνει το βιομηχανικό περιβάλλον, το πλαίσιο της αγοράς ή του συστήματος, τους εμπλεκόμενους φορείς, τις απαιτούμενες πληροφορίες, την επιχειρησιακή αλληλουχία και το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Λαμβάνονται επίσης υπόψη οι σχετικοί τεχνικοί, επιχειρησιακοί και κανονιστικοί περιορισμοί.

Εφαρμόστηκε μια κοινή δομή σε όλες τις πιλοτικές τοποθεσίες. Αυτό διασφαλίζει ότι οι περιπτώσεις χρήσης περιγράφονται με συνεπή και συγκρίσιμο τρόπο, ενώ παράλληλα αντικατοπτρίζουν τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά κάθε πιλοτικής εφαρμογής και σεναρίου.

3.1 Προσέγγιση και δομή μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης

Αναπτύχθηκε ένα κοινό πρότυπο μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης για να καθοδηγήσει τον λεπτομερή προσδιορισμό των περιπτώσεων χρήσης στις τρεις πιλοτικές τοποθεσίες.

Το υπόδειγμα ακολουθεί μια δομημένη προσέγγιση και καλύπτει τα κύρια στοιχεία που απαιτούνται για μια ολοκληρωμένη περιγραφή της περίπτωσης χρήσης. Κάθε περίπτωση χρήσης εισάγεται πρώτα μέσω του γενικού στόχου, του πεδίου εφαρμογής και του αναμενόμενου αποτελέσματος. Στη συνέχεια, περιγράφεται το βιομηχανικό πλαίσιο για να δείξει ποιες διαδικασίες, περιουσιακά στοιχεία και πόροι ευελιξίας είναι σχετικοί με το αντίστοιχο πιλοτικό πρόγραμμα.

Το πλαίσιο της αγοράς και του συστήματος καθορίζει τον μηχανισμό ευελιξίας ή το περιβάλλον της αγοράς που αντιμετωπίζεται από την περίπτωση χρήσης. Οι εμπλεκόμενοι φορείς και οι ρόλοι τους περιγράφονται χωριστά για να διευκρινιστούν οι ευθύνες και οι αλληλεπιδράσεις.

Το επιχειρησιακό μέρος του υποδείγματος καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο ξεκινά η περίπτωση χρήσης και τον τρόπο με τον οποίο αναμένεται να προχωρήσει η διαδικασία. Περιλαμβάνει το συμβάν ενεργοποίησης, τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου, τη λογική απόφασης, την αναμενόμενη ενέργεια και το αποτέλεσμα που προκύπτει. Τα συστήματα και οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη διαδικασία περιγράφονται μαζί με τους κύριους τεχνικούς, επιχειρησιακούς και κανονιστικούς περιορισμούς.

Κάθε περίπτωση χρήσης συνοψίζεται τελικά μέσω ενός κύριου σεναρίου που παρουσιάζει τη λειτουργική ακολουθία από την αρχική ενεργοποίηση έως το αναμενόμενο αποτέλεσμα.

Η προσέγγιση μοντελοποίησης υποστηρίζεται από αρχές του IEC 62559 και του Μοντέλου Αρχιτεκτονικής Έξυπνου Δικτύου (SGAM), οι οποίες παρέχουν μια δομημένη βάση για την περιγραφή των παραγόντων, των αλληλεπιδράσεων, των ροών πληροφοριών και των επιχειρησιακών διαδικασιών.

Οι προκύπτουσες προδιαγραφές περιπτώσεων χρήσης παρέχουν ένα κοινό σημείο αναφοράς για τους ΒΔΕ πιλοτικής εφαρμογής και περίπτωσης χρήσης που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4.

3.2 Αποτελέσματα μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης ανά πιλοτικό έργο

Αυτή η ενότητα θα παρουσιάσει τα λεπτομερή αποτελέσματα μοντελοποίησης για τις περιπτώσεις χρήσης κάθε πιλοτικής τοποθεσίας. Κάθε περίπτωση χρήσης θα περιγραφεί σύμφωνα με την κοινή δομή, διατηρώντας παράλληλα το μεμονωμένο βιομηχανικό, λειτουργικό, εμπορικό και συστημικό πλαίσιο.

3.2.1 Πιλοτική τοποθεσία #1: Ιταλικό πιλοτικό έργο

Επισκόπηση περίπτωσης πιλοτικής χρήσης

Η ιταλική πιλοτική τοποθεσία βρίσκεται στο βιομηχανικό σύμπλεγμα Storo, μια πολυβιομηχανική περιοχή που εξυπηρετείται από το CEDIS (Consorzio Elettrico di Storo) ως τοπικό Διαχειριστή Συστήματος Διανομής (DSO). Το CEDIS είναι ένας μικρός αλλά στρατηγικά σημαντικός ΔΣΔ που διαχειρίζεται ένα κλειστό δίκτυο διανομής που φιλοξενεί αρκετούς βιομηχανικούς καταναλωτές, περιουσιακά στοιχεία παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως φωτοβολταϊκά και υδροηλεκτρικά) και ένα αυξανόμενο μερίδιο ευέλικτων κατανεμημένων ενεργειακών πόρων (DER), συμπεριλαμβανομένων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας μπαταριών (BESS) και ηλεκτρολυτήρα.

Το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα προέβλεπε αρχικά τέσσερις περιπτώσεις χρήσης στη συμφωνία επιχορήγησης (GA). Αυτές ήταν: **GA-UC#1**, που παρέχει υπηρεσίες ευελιξίας από συγκεντρωτικά βιομηχανικά φορτία και DER που διευκολύνονται από τον εξωτερικό φορέα συγκέντρωσης Flexcity μέσω της ιδιόκτητης πλατφόρμας παρακολούθησης και κατανομής που βασίζεται στη Grafana και επικοινωνεί με τον ΔΣΜ· **GA-UC#2**, αξιοποιώντας τις δυνατότητες συγκέντρωσης και δυναμικής κατανομής του iFAAP για την παροχή τόσο ενεργειακών υπηρεσιών (ξύρισμα αιχμής, διαφορά τιμών spot) όσο και βοηθητικών υπηρεσιών (π.χ. BESS σε MSD) από DER, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρολυτήρα · **GA-UC#3**, επέκταση των δυνατοτήτων της πλατφόρμας μέσω της εργαλειοθήκης iFAAP για να καταστεί δυνατή η μελλοντική συμμετοχή σε ένα μεταρρυθμισμένο πλαίσιο αγοράς βοηθητικών υπηρεσιών φιλικό προς το DSF. και **GA-UC#4**, ανάπτυξη μηχανισμών με γνώμονα την αγορά για την επίλυση της τοπικής συμφόρησης σε επίπεδο DSO μέσω μιας τοπικής αγοράς ευελιξίας, που υποστηρίζεται επίσης από μια ευέλικτη πλατφόρμα ανταλλαγής δεδομένων TSO-DSO.

Κατά τη διάρκεια του έργου, η ιταλική κοινοπραξία αναδιάρθρωσε σκόπιμα αυτές τις τέσσερις περιπτώσεις χρήσης σε τρεις, με ρητό στόχο την επίτευξη πλήρους κάλυψης όλων των υπηρεσιών που είχαν αρχικά προβλεφθεί, δημιουργώντας παράλληλα ένα σύνολο περιπτώσεων χρήσης που είναι πιο προσαρμοσμένο στα πραγματικά περιουσιακά στοιχεία που είναι διαθέσιμα στην πιλοτική τοποθεσία, στο θεσμικό πλαίσιο του CEDIS ως μικρού τοπικού ΔΣΔ και στην τρέχουσα εξέλιξη του εθνικού ρυθμιστικού πλαισίου. Οι τρεις αναθεωρημένες περιπτώσεις χρήσης δεν αποτελούν μείωση της φιλοδοξίας: ενοποιούν και οξύνουν τις αρχικές τέσσερις σε μια πιο

συνεκτική και εφαρμόσιμη δομή. Η αντιστοίχιση με τις αρχικές περιπτώσεις χρήσης GA έχει ως εξής:

- **UC-IT-01** - **Η συνολική ευελιξία από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους** καλύπτει τη διάσταση συνάθροισης και ενορχήστρωσης πλατφόρμας των GA-UC#1, GA-UC#2 και GA-UC#3. Η βασική απόκλιση από το GA είναι η αντικατάσταση του εξωτερικού aggregator Flexcity και της ιδιόκτητης πλατφόρμας του (Grafana) με μια εσωτερική λύση, την πλατφόρμα FLEXIA, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ιταλικού έργου FLEXIA που χρηματοδοτείται από το MASE, η οποία λειτουργεί απευθείας από το CEDIS ως BSP και aggregator. Αυτή η μετατόπιση είναι πιο συνεκτική με την πιλοτική κλίμακα, αποφεύγει την εξάρτηση από ένα εμπορικό τρίτο μέρος και ενισχύει τη δυνατότητα μεταφοράς του μοντέλου σε παρόμοια πλαίσια μικρών DSO.
- **UC-IT-02** - **Λειτουργία στην εθνική αγορά εξισορρόπησης** καλύπτει τη διάσταση των βοηθητικών υπηρεσιών και της συμμετοχής στην αγορά εξισορρόπησης των GA-UC#2 και GA-UC#3, με έμφαση σε πόρους ταχύτερης απόκρισης (BESS, ηλεκτρολυτήρας, έξυπνοι φορτιστές) για αποκατάσταση συχνότητας και εφεδρεία αντικατάστασης. Παρέχει μια βάση τεκμηρίωσης βασισμένη σε προσομοίωση για μελλοντική ρυθμιστική δέσμευση, μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση δεδομένης της τρέχουσας έλλειψης επίσημου καθεστώτος BSP του CEDIS, που καλύπτει επίσης το πλαίσιο συντονισμού ΔΣΜ-ΔΣΔ που είχε αρχικά προβλεφθεί στο GA-UC#4 μέσω της προσομοιωμένης συμμετοχής στην ιταλική αγορά MSD/Balancing που διαχειρίζεται ο ΔΣΜ Terna.
- **UC-IT-03 Λειτουργία τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση δικτύου DSO** ενσωματώνει πλήρως το GA-UC#4, επεκτείνοντάς το με έναν πιο ολοκληρωμένο σχεδιασμό αγοράς (ευθυγραμμισμένο με το πλαίσιο LFM του ψηφίσματος ARERA 352/2021 και ενεργά ιταλικά πιλοτικά έργα όπως οι EDGE, MiNDFlex και RomeFlex) και ενσωματώνοντας τη διάσταση βελτιστοποίησης της αγοράς χονδρικής. Η παρουσία του CEDIS ως τοπικού ΔΣΔ με κλειστό δίκτυο διανομής και άμεσες σχέσεις με συνδεδεμένους βιομηχανικούς καταναλωτές καθιστά την προσέγγιση της τοπικής αγοράς ευελιξίας πιο φυσική και πιο λειτουργική για το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα. Το αναθεωρημένο UC-IT-03 παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη και τεχνικά συνεκτική αντιμετώπιση της ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ, συμπεριλαμβανομένου του ορισμού ενός προσομοιωμένου σχεδιασμού αγοράς, του ρόλου του CEDIS τόσο ως ΔΣΔ όσο και ως διαχειριστή αγοράς και της αλληλεπίδρασης με τις συνθήκες της αγοράς χονδρικής.

Και στις τρεις αναθεωρημένες περιπτώσεις χρήσης, η πλατφόρμα FLEXIA χρησιμεύει ως η κοινή τεχνολογική ραχοκοκαλιά, σε συνδυασμό με το iFAAP, αντικαθιστώντας την πλατφόρμα Grafana της Flexcity που περιγράφηκε αρχικά στη ΓΣ. Αυτή η ενοποίηση αντικατοπτρίζει τόσο τη διαθεσιμότητα της πλατφόρμας FLEXIA μέσω του παράλληλου έργου MASE όσο και την ανάγκη για μια ενοποιημένη, διαλειτουργική λύση που μπορεί να εξυπηρετήσει την εξισορρόπηση σε επίπεδο TSO, την ευελιξία σε επίπεδο τοπικού DSO και την εσωτερική διαχείριση ενέργειας σε ένα ενιαίο επιχειρησιακό περιβάλλον.

ΠΊΝΑΚΑΣ 9: ΠΙΛΌΤΟΣ #1 – ΕΠΙΣΚΌΠΗΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Αναγνωριστικό UC	Τίτλος περίπτωσης χρήσης	Κύρια εστίαση
UC-IT- 1	Συνολική ευελιξία από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους	Παροχή υπηρεσιών ευελιξίας από τη συνάθροιση βιομηχανικών φορτίων και DER μέσω της πλατφόρμας FLEXIA με το CEDIS ως BSP/aggregator
UC-IT-02	Δραστηριοποιηθείτε στην εθνική αγορά εξισορρόπησης	Εξερευνήστε την εξισορρόπηση της συμμετοχής στην αγορά με έμφαση σε ταχύτερους πόρους όπως το BESS και ο ηλεκτρολυτήρας μέσω της πλατφόρμας FLEXIA
UC-IT-03	Λειτουργία τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση δικτύου DSO	Διερεύνηση της δημιουργίας τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση της ζήτησης με στόχο τη μεγιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης εντός του CEDIS, την επίλυση της περικοπής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των σχετικών συμφορήσεων του δικτύου, μέσω της πλατφόρμας FLEXIA

3.2.1.1 UC- IT-01 – Συνολική ευελιξία από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC- IT-01

Το UC-IT-01 αποτελεί το θεμελιώδες Use Case του ιταλικού πιλοτικού προγράμματος. Πρωταρχικός στόχος του είναι να υλοποιήσει και να επικυρώσει μια διαλειτουργική πλατφόρμα συγκέντρωσης, την πλατφόρμα FLEXIA, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ιταλικού έργου FLEXIA που χρηματοδοτείται από το MASE, ικανή να ενορχηστρώνει τον προγραμματισμό και την ενεργοποίηση υπηρεσιών ευελιξίας από τα διάφορα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και τα DER που βρίσκονται εντός της περιοχής διανομής CEDIS. Σε αντίθεση με την αρχική διατύπωση GA, η οποία βασιζόταν σε έναν εξωτερικό εμπορικό φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης (Flexcity) και την ιδιόκτητη πλατφόρμα του, το UC-IT-01 τοποθετεί το CEDIS απευθείας στο ρόλο του BSP και του aggregator, διασφαλίζοντας την πλήρη ευθυγράμμιση με τις τοπικές συνθήκες δικτύου, τις απαιτήσεις κυβερνοασφάλειας και το ρυθμιστικό πλαίσιο που διέπει την ευελιξία σε επίπεδο DSO στην Ιταλία. Το Use Case είναι οριζόντιο: παρέχει την κοινή υποδομή πλατφόρμας πάνω στην οποία χτίζονται το UC-IT-02 (εθνική αγορά εξισορρόπησης) και το UC-IT-03 (τοπική αγορά ευελιξίας). Το αναμενόμενο αποτέλεσμά της είναι μια επικυρωμένη, ασφαλής και φιλική προς τον χρήστη πλατφόρμα ικανή να προγραμματίζει και να ενεργοποιεί την ευελιξία με συντονισμένο και αξιόπιστο τρόπο, σεβόμενη παράλληλα τους λειτουργικούς περιορισμούς των επιμέρους βιομηχανικών διεργασιών.

ΠΊΝΑΚΑΣ 10: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #1 - UC- IT-01 ΓΕΝΙΚΈΣ ΠΑΡΆΜΕΤΡΟΙ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης

Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-IT-01 — Συνολική ευελιξία από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους
Σύντομη Περιγραφή	Λειτουργία της πλατφόρμας FLEXIA για την ενορχήστρωση του προγραμματισμού και της ενεργοποίησης ευελιξίας σε βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και DER εντός της περιοχής CEDIS, με το CEDIS να ενεργεί ως BSP/aggregator.
Στόχος / Σκοπός	Εφαρμογή μιας διαλειτουργικής και ολοκληρωμένης πλατφόρμας για την ενορχήστρωση του χρονοδιαγράμματος και την ενεργοποίηση υπηρεσιών ευελιξίας από διαφορετικά βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και DER εντός της περιοχής CEDIS, διασφαλίζοντας την αποτελεσματικότητα για την υποστήριξη του δικτύου, με σεβασμό των βασικών διαδικασιών και των αναγκών κυβερνοασφάλειας των βιομηχανιών.
Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Πλατφόρμα συγκέντρωσης
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Επικυρωμένη, ασφαλής και φιλική προς το χρήστη πλατφόρμα για συγκεντρωτικό προγραμματισμό ευελιξίας και ενεργοποίηση σε πολλαπλά βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και DER εντός της περιοχής CEDIS.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC- IT-01

Η περιοχή διανομής CEDIS φιλοξενεί ένα σύνολο βιομηχανικών καταναλωτών με ετερογενείς διαδικασίες και ενεργειακά προφίλ, δημιουργώντας ένα συμπληρωματικό χαρτοφυλάκιο ευελιξίας. Τα περιουσιακά στοιχεία περιλαμβάνουν κατασκευαστές διαδικασιών παρτίδας (π.χ. μηχανική κατασκευή), βιομηχανίες συνεχούς επεξεργασίας, εγκαταστάσεις BESS, ηλεκτρολυτήρα υδρογόνου και υποδομές έξυπνης φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα και περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα. Η ποικιλομορφία των περιουσιακών στοιχείων, που συνδυάζει θερμικές και παραγωγικές διαδικασίες βραδείας απόκρισης με ηλεκτροχημική αποθήκευση ταχείας απόκρισης, αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του πιλοτικού έργου και κεντρικό αντικείμενο της άσκησης συγκέντρωσης.

ΠΊΝΑΚΑΣ 11: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #1 - UC- IT-01 ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Μικτό βιομηχανικό σύμπλεγμα: διακριτή κατασκευή με διαδικασίες παρτίδας. βιομηχανία συνεχούς επεξεργασίας· αποθήκευση ενέργειας και παραγωγή υδρογόνου.
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Ψύξη / θέρμανση / γραμμές παραγωγής / λειτουργία BESS / λειτουργία ηλεκτρολυτήρα / έξυπνη φόρτιση EV και περονοφόρου / φούρνοι
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Ψύξη / θέρμανση / γραμμές παραγωγής / φόρτιση–εκφόρτιση BESS / ρύθμιση ισχύος του ηλεκτρολυτήρα / έξυπνη φόρτιση EV και περονοφόρου / φούρνοι

Κλίμακα ευελιξίας	Ενιαίο περιουσιακό στοιχείο (θα συγκεντρωθεί μέσω της πλατφόρμας FLEXIA σε όλη την περιοχή CEDIS).
Επίπεδο ελέγχου	Βασισμένο σε EMS (μεμονωμένο περιουσιακό στοιχείο EMS διασυνδεδεμένο με την πλατφόρμα FLEXIA, εγκατεστημένο και διαμορφωμένο από τους παρόχους EMS MAPS, Ecoenerg και Polytec).

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC- IT-01

Το UC-IT-01 λειτουργεί σε πολλαπλές κατηγορίες μηχανισμών, καθώς η πλατφόρμα FLEXIA έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί και τα τρία πλαίσια της αγοράς που αντιμετωπίζει το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα: εσωτερικές διμερείς συμβάσεις μεταξύ CEDIS και βιομηχανικών καταναλωτών, συμμετοχή στη χονδρική αγορά, εθνικές αγορές εξισορρόπησης και βοηθητικών υπηρεσιών και την τοπική αγορά ευελιξίας εντός του δικτύου CEDIS. Το έναυσμα για τη λειτουργία της πλατφόρμας συνδυάζει την πρόβλεψη ευελιξίας, τον προγραμματισμό και τα σήματα ενεργοποίησης, αντανακλώντας τον πλήρη λειτουργικό κύκλο από τον προγραμματισμό της επόμενης ημέρας έως την αποστολή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Το επίπεδο ωριμότητας προσομοιώνεται, η πλατφόρμα FLEXIA βρίσκεται υπό ανάπτυξη στο πλαίσιο του έργου FLEXIA που ιδρύθηκε από το MASE. Η πρόταση αξίας UC-IT-01 βασίζεται στη μείωση του κόστους για το CEDIS και τους βιομηχανικούς χρήστες μέσω της μεγιστοποίησης της ιδιοκατανάλωσης, των πληρωμών υπηρεσιών δικτύου με αντάλλαγμα την υποστήριξη του δικτύου και την αμοιβή της αγοράς από τις αγορές εξισορρόπησης και χονδρικής.

ΠΊΝΑΚΑΣ 12: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #1 - UC- IT-01 ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Εσωτερική (διμερείς συμβάσεις CEDIS-βιομηχανίες) / Χονδρική / Εξισορρόπηση / Βοηθητική / Συμφόρηση (τοπική αγορά ευελιξίας στο δίκτυο CEDIS).
Αγορά-στόχος	DAM / Εξισορρόπηση / Τοπική Αγορά Ευελιξίας (MLF).
Κατηγορία ενεργοποίησης	Πρόβλεψη ευελιξίας / χρονοδιάγραμμα ευελιξίας / σήμα ενεργοποίησης ευελιξίας.
Επίπεδο ωριμότητας	Προσομοίωση (πλατφόρμα υπό ανάπτυξη στο πλαίσιο του έργου MASE FLEXIA, πιλοτική θα επικυρώσει την απόδοση της πλατφόρμας στην προσομοίωση).
Κύριος οδηγός τιμής	Εξοικονόμηση / Έσοδα / Υποστήριξη δικτύου / Μεγιστοποίηση ιδιοκατανάλωσης
Ροή εσόδων / οφελών	Μείωση κόστους για το CEDIS και τους βιομηχανικούς χρήστες / Αμοιβή της αγοράς από τις αγορές εξισορρόπησης και χονδρικής / Πληρωμές υπηρεσιών δικτύου.

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC- IT-01

Βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Innova, Polytec και **Poncial):** Παροχή ευέλικτων φορτίων και DER στην πλατφόρμα FLEXIA. Κάθε τοποθεσία εκθέτει τη διαθέσιμη ευελιξία και τους λειτουργικούς περιορισμούς της μέσω του τοπικού EMS, το οποίο επικοινωνεί απευθείας με την πλατφόρμα.

CEDIS (τοπικός DSO και BSP/aggregator): Προσδιορίζει τις ανάγκες του δικτύου και τις ευκαιρίες της αγοράς, λειτουργεί την πλατφόρμα FLEXIA, προγραμματίζει και ενεργοποιεί την ευελιξία σε όλο το συγκεντρωτικό χαρτοφυλάκιο. Το CEDIS αντικαθιστά τον ρόλο που είχε αρχικά προβλεφθεί για τον εξωτερικό φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης Flexcity, εσωτερικεύοντας τη συγκέντρωση εντός του DSO και διασφαλίζοντας τη συνοχή με την τοπική διαχείριση δικτύου.

Maps Energy + FBK: Υπεύθυνος για την ανάπτυξη της πλατφόρμας FLEXIA σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ενδιαφερομένων και τις συστάσεις για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.

Ecoenerg / Polytec (πάροχοι EMS): Εγκαταστήστε και παραμετροποιήστε τα συστήματα EMS σε μεμονωμένα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία, διασφαλίζοντας άμεση και τυποποιημένη επικοινωνία μεταξύ των περιουσιακών στοιχείων και της πλατφόρμας FLEXIA.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC- IT-01

Η λειτουργία UC-IT-01 διαρθρώνεται γύρω από τρεις επιχειρησιακές φάσεις: πρόβλεψη και προγραμματισμός (επόμενης ημέρας), βελτιστοποίηση και προεπιλογή και ενεργοποίηση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Η πλατφόρμα λαμβάνει συνεχώς δεδομένα από βιομηχανικά EMS, προβλέψεις παραγωγής και σήματα αγοράς και εκτελεί βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων για τη δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων ευελιξίας. Μόλις λάβει ένα σήμα ενεργοποίησης (από το CEDIS ως DSO ή από τον εθνικό ΔΣΜ), η πλατφόρμα εκτελεί βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων για τον προσδιορισμό της καταλληλότερης στρατηγικής ευελιξίας, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις συνθήκες λειτουργίας των διαθέσιμων περιουσιακών στοιχείων. Στη συνέχεια, στέλνει σημεία ρύθμισης ενεργοποίησης στα μεμονωμένα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS), τα οποία ελέγχουν τα αντίστοιχα φυσικά περιουσιακά στοιχεία. Οι προκύπτουσες ενέργειες ευελιξίας μπορεί να περιλαμβάνουν μετατόπιση ή μείωση φορτίου, επαναπρογραμματισμό διεργασιών, φόρτιση ή εκφόρτιση BESS και διαμόρφωση ηλεκτρολυτήρα, με αναμενόμενο αποτέλεσμα τον εκ των προτέρων σχεδιασμό της ευελιξίας και την επιτυχή ενεργοποίησή της όταν απαιτείται από τις συνθήκες του δικτύου ή της αγοράς.

Πίνακας 13: Πιλότος #1 - UC- IT-01 Λειτουργία περίπτωσης χρήσης

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Σήμα δικτύου (π.χ. συμβάν περικοπής φωτοβολταϊκών) / πρόβλεψη παραγωγής και αγοράς / αίτημα βοηθητικής υπηρεσίας από το εθνικό δίκτυο (Terna).
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Χρονοδιαγράμματα παραγωγής βιομηχανικών εγκαταστάσεων και δεδομένα κατανάλωσης σε σχεδόν πραγματικό χρόνο· προβλέψεις παραγωγής και δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο· προβλέψεις ροής δικτύου και μετρήσεις σχεδόν σε πραγματικό χρόνο· προβλέψεις τιμών αγοράς επόμενης ημέρας και εξισορρόπησης.

Λογική Απόφασης	Η πλατφόρμα FLEXIA εκτελεί βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων με βάση τα ληφθέντα δεδομένα και στέλνει σημεία ρύθμισης ενεργοποίησης σε μεμονωμένα EMS περιουσιακών στοιχείων, τα οποία ελέγχουν τα φυσικά περιουσιακά στοιχεία.
Αναμενόμενη δράση	Μετατόπιση φορτίου / μείωση φορτίου / επαναπρογραμματισμός διαδικασίας / φόρτιση–εκφόρτιση BESS / ρύθμιση ισχύος του ηλεκτρολυτήρα.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Ευελιξία προγραμματισμένη εκ των προτέρων και επιτυχής ενεργοποίηση όταν απαιτείται.

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί

Εμπλεκόμενα συστήματα: πλατφόρμα συγκέντρωσης και βελτιστοποίησης FLEXIA (έργο MASE). τοπικά συστήματα EMS σε μεμονωμένα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία (MAPS, Ecoenerg, Polytec). συστήματα SCADA. εργαλεία πρόβλεψης για την παραγωγή και το φορτίο. διεπαφές πλατφόρμας αγοράς (GME για εθνικές αγορές-MLF, Piclo ή ισοδύναμο για την τοπική αγορά).

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και προβλεπόμενη κατανάλωση ανά περιουσιακό στοιχείο. Προβλέψεις φωτοβολταϊκών και άλλων μορφών παραγωγής. Μετρήσεις ροής δικτύου στο όριο CEDIS. Τιμές αγοράς επόμενης ημέρας. Εξισορρόπηση σημάτων αγοράς. Λειτουργικοί περιορισμοί και χρονοδιαγράμματα σε επίπεδο περιουσιακών στοιχείων.

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Όρια δυναμικότητας ανά περιουσιακό στοιχείο· όρια θερμοκρασίας θερμικής διεργασίας· Όρια κατάστασης φόρτισης και κύκλου BESS· μέγιστη διάρκεια για νέο σημείο ρύθμισης· ελάχιστος χρόνος απόκρισης για γρήγορους πόρους· απαιτήσεις συνέχειας χρονοδιαγράμματος παραγωγής· απαιτήσεις άνεσης για διαδικασίες θέρμανσης και ψύξης· απαιτήσεις κυβερνοασφάλειας και απορρήτου δεδομένων για επικοινωνίες πλατφόρμας.

Περιορισμοί της αγοράς και ρυθμιστικοί περιορισμοί: Εξισορρόπηση των όρων πρόσβασης στην αγορά για το CEDIS ως BSP, διμερείς συμβατικές ρυθμίσεις μεταξύ του CEDIS και των βιομηχανικών καταναλωτών, συμμόρφωση με τον GDPR και το NIS2 για τη διαχείριση δεδομένων πλατφόρμας.

Κύριο σενάριο περίπτωσης χρήσης

Έναυσμα: Το CEDIS εντοπίζει έναν επερχόμενο περιορισμό δικτύου ή λαμβάνει ένα σήμα αγοράς (π.χ. πρόβλεψη υπερπαραγωγής φωτοβολταϊκών, υψηλές τιμές χονδρικής).

Αξιολόγηση: Η πλατφόρμα FLEXIA συλλέγει δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο και προβλέψεις από όλα τα συνδεδεμένα περιουσιακά στοιχεία και το δίκτυο και αξιολογεί τη συνολική ευελιξία που είναι διαθέσιμη σε όλο το χαρτοφυλάκιο.

λύση: Η πλατφόρμα εκτελεί βελτιστοποίηση και δημιουργεί ένα χρονοδιάγραμμα ευελιξίας, επιλέγοντας πόρους με βάση τη διαθεσιμότητα, την ταχύτητα απόκρισης και το κόστος. Το CEDIS εξετάζει και επιβεβαιώνει το χρονοδιάγραμμα.

Ενεργοποίηση: Μόλις λάβει ένα σήμα ενεργοποίησης (από το CEDIS DSO ή από την Terna), η πλατφόρμα αποστέλλει εντολές σημείου ρύθμισης σε μεμονωμένα EMS περιουσιακών στοιχείων. Τα περιουσιακά στοιχεία ανταποκρίνονται προσαρμόζοντας το φορτίο ή την παραγωγή εντός των λειτουργικών τους περιορισμών.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Η πλατφόρμα παρακολουθεί την απόκριση ευελιξίας από κάθε περιουσιακό στοιχείο. Τα αποτελέσματα καταγράφονται και χρησιμοποιούνται για διακανονισμό, αναφορά και επαλήθευση KPI.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Λειτουργία στην εθνική αγορά εξισορρόπησης

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-IT-02

Το UC-IT-02 επικεντρώνεται στην προσομοίωση της συμμετοχής του CEDIS, που ενεργεί ως BSP, στην εθνική αγορά εξισορρόπησης και επικουρικών υπηρεσιών που διαχειρίζεται ο ΔΣΜ μέσω της αγοράς εξισορρόπησης MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) και του μηχανισμού UVAM (Unità Virtuali Abilitate Miste — ομάδες μονάδων παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που διαχειρίζονται από κοινού ένας φορέας συγκέντρωσης). Με βάση την υποδομή συγκέντρωσης που δημιουργήθηκε στο UC-IT-01, η παρούσα περίπτωση χρήσης δίνει προτεραιότητα στους πόρους ταχείας απόκρισης, ιδίως στην εγκατάσταση BESS, τον ηλεκτρολυτήρα και τους έξυπνους φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων/περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων, οι οποίοι είναι ικανοί να παρέχουν υπηρεσίες αποκατάστασης συχνότητας (απόκριση εντός 5-15 λεπτών) και, για βραδύτερα βιομηχανικά φορτία, υπηρεσίες αντικατάστασης εφεδρείας (απόκριση εντός 30-60 λεπτών). Η παρούσα περίπτωση χρήσης έχει σχεδιαστεί ρητά ως προσομοίωση, αντικατοπτρίζοντας το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο στην Ιταλία: το CEDIS, ως μικρός τοπικός ΔΣΔ, αντιμετωπίζει ελάχιστα όρια προσφοράς και εμπόδια προεπιλογής για άμεση συμμετοχή MSD. Η προσομοίωση θα ποσοτικοποιήσει τη δυνητική αξία του συγκεντρωτικού χαρτοφυλακίου CEDIS για την εθνική στήριξη εξισορρόπησης και τον συντονισμό ΔΣΜ-ΔΣΔ, καθώς και θα παράσχει μια επικυρωμένη βάση τεκμηρίωσης για μελλοντική ρυθμιστική δέσμευση.

ΠΊΝΑΚΑΣ 14: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #1 - UC-IT-02 ΓΕΝΙΚΈΣ ΠΑΡΆΜΕΤΡΟΙ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-IT-02 — Λειτουργία στην εθνική αγορά εξισορρόπησης
Σύντομη Περιγραφή	Προσομοίωση της συμμετοχής του CEDIS στην εθνική αγορά MSD/εξισορρόπησης που διαχειρίζεται ο ΔΣΜ (ενδεχομένως μέσω μηχανισμών UVAM), με έμφαση σε πόρους ταχείας απόκρισης (BESS, ηλεκτρολυτήρας, έξυπνοι φορτιστές) για υπηρεσίες αποκατάστασης συχνότητας και αντικατάστασης εφεδρείας.
Στόχος / Σκοπός	Προσφέρετε τη συγκεντρωτική ευελιξία από την πλατφόρμα FLEXIA στον ΔΣΜ μέσω μηχανισμών κατανομής MSD/UVAM με το CEDIS ως προσομοίωση BSP, εστιάζοντας σε πόρους ικανούς να παρέχουν ταχύτερη

	απόκριση για αποκατάσταση συχνότητας (5–15 λεπτά) και εφεδρεία αντικατάστασης για πιο αργούς πόρους (30–60 λεπτά).
Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Πλατφόρμα συγκέντρωσης / λειτουργία εθνικού δικτύου / αγορά εξισορρόπησης.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Επικυρωμένη δυνητική συνεισφορά ευελιξίας από το σύνολο CEDIS για τις εθνικές βοηθητικές υπηρεσίες, με ποσοτικοποιημένα σενάρια εσόδων και προσδιορισμό τεχνικών και κανονιστικών εμποδίων στην πραγματική συμμετοχή.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-IT-02

Το UC-IT-02 βασίζεται στην ίδια βάση περιουσιακών στοιχείων με το UC-IT-01, αλλά με σκόπιμη ιεράρχηση περιουσιακών στοιχείων με ταχύτερα και πιο ελεγχόμενα προφίλ απόκρισης. Το BESS και ο ηλεκτρολυτήρας είναι οι κύριοι πόροι για τις υπηρεσίες αποκατάστασης συχνότητας, δεδομένης της ικανότητάς τους να ανταποκρίνονται μέσα σε δευτερόλεπτα έως λεπτά. Θαδιερευνηθούν επίσης οι δυνατότητες ευελιξίας των φορτιστών EV/περονοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων. Τα βιομηχανικά φορτία με θερμική αδράνεια (θέρμανση, ψύξη) και οι γραμμές παραγωγής με χωρητικότητα buffer λαμβάνονται υπόψη για πιο αργές εφεδρικές υπηρεσίες αντικατάστασης.

ΠΊΝΑΚΑΣ 15: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #1 - UC-IT-02 ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Μικτό βιομηχανικό σύμπλεγμα: προτεραιότητα σε περιουσιακά στοιχεία ταχείας απόκρισης: BESS, ηλεκτρολυτήρας, έξυπνοι φορτιστές EV/περονοφόρων. δευτερεύων ρόλος για θερμικά και παραγωγικά φορτία.
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	φόρτιση–εκφόρτιση BESS / ρύθμιση ισχύος του ηλεκτρολυτήρα / έξυπνες διαδικασίες φόρτισης EV και περονοφόρου / ψύξης και θέρμανσης / γραμμές παραγωγής.
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	BESS / ηλεκτρολυτήρας / έξυπνοι φορτιστές (πρωτεύον). ψύξη, θέρμανση, γραμμές παραγωγής (δευτερεύουσες).
Κλίμακα ευελιξίας	Μεμονωμένο περιουσιακό στοιχείο (συγκεντρωτικά μέσω της πλατφόρμας FLEXIA για κοινή προσφορά ΔΣΜ).
Επίπεδο ελέγχου	Βασισμένο σε EMS (μεμονωμένα ETS περιουσιακών στοιχείων αποστέλλουν σημεία ρύθμισης που λαμβάνονται από την πλατφόρμα FLEXIA σε σχεδόν πραγματικό χρόνο).

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC-IT-02

Ο σχετικός μηχανισμός της αγοράς είναι το ιταλικό εθνικό Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD), συμπεριλαμβανομένου του συστήματος UVAM (Unità Virtuale Abilitata Mista) που επιτρέπει σε συγκεντρωτικούς κατανεμημένους πόρους να συμμετέχουν ως εικονικές μονάδες στην παροχή βοηθητικών υπηρεσιών που ζητείται από τον ΔΣΜ TERNA. Το UC έχει ένα προσομοιωμένο επίπεδο ωριμότητας για την επικύρωση των δυνατοτήτων μελλοντικής συμμετοχής, δεδομένου ότι το CEDIS δεν κατέχει ακόμη καθεστώς BSP, και βασίζεται στα έσοδα για τους συμμετέχοντες μέσω πληρωμών υπηρεσιών δικτύου από τον ΔΣΜ σε αντάλλαγμα για υπηρεσίες υποστήριξης δικτύου.

ΠΊΝΑΚΑΣ 16: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #1 - UC-IT-02 ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Εξισορρόπηση / Επικουρικές υπηρεσίες (εθνικό επίπεδο ΔΣΜ).
Αγορά-στόχος	MSD/UVAM (εθνική αγορά εξισορρόπησης, ΔΣΜ).
Κατηγορία ενεργοποίησης	Αίτημα παροχής βοηθητικών υπηρεσιών από το εθνικό δίκτυο (σήμα ενεργοποίησης ΔΣΜ).
Επίπεδο ωριμότητας	Προσομοίωση (το CEDIS δεν κατέχει ακόμη το καθεστώς BSP, η προσομοίωση επικυρώνει τις δυνατότητες και ενημερώνει τη μελλοντική συμμετοχή).
Κύριος οδηγός τιμής	Έσοδα / Υποστήριξη δικτύου.
Ροή εσόδων / οφελών	Πληρωμές υπηρεσιών δικτύου από τον ΔΣΜ (προσομοίωση αμοιβής MSD/UVAM για το CEDIS και τις συμμετέχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις).

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-IT-02

Βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Innova, Polytec και Poncial): Παροχή ευέλικτων φορτίων και στοιχείων ταχείας απόκρισης (BESS, ηλεκτρολυτήρας, έξυπνοι φορτιστές) στην πλατφόρμα FLEXIA για σκοπούς εθνικής εξισορρόπησης.

CEDIS (BSP/aggregator, simulated): Λειτουργεί την πλατφόρμα FLEXIA σε λειτουργία BSP, συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο ευελιξίας, υποβάλλει προσφορές στην εθνική αγορά (σε προσομοίωση) και διαχειρίζεται εντολές ενεργοποίησης.

TERNA / GME: Η TERNA (εθνικός ΔΣΜ) αγοράζει την προσφερόμενη ευελιξία για τη δραστηριότητα αποστολής της (μέσω της πλατφόρμας GME).

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-IT-02

Το UC-IT-02 ενεργοποιείται με τη λήψη αιτήματος βοηθητικής υπηρεσίας από το εθνικό δίκτυο μέσω σήματος ενεργοποίησης ΔΣΜ. Η πλατφόρμα FLEXIA επεξεργάζεται το αίτημα χρησιμοποιώντας χρονοδιαγράμματα βιομηχανικών εγκαταστάσεων και λειτουργικά δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, προβλέψεις και μετρήσεις παραγωγής, προβλέψεις ροής δικτύου

και προβλέψεις αγοράς εξισορρόπησης και ιστορικά δεδομένα ενεργοποίησης από τον ΔΣΜ. Με βάση αυτές τις εισόδους, η πλατφόρμα βελτιστοποιεί τους διαθέσιμους πόρους ευελιξίας ταχείας απόκρισης και καθορίζει τον καταλληλότερο συνδυασμό ενεργειών, στέλνοντας σημεία ρύθμισης ενεργοποίησης στα επιμέρους Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS), ενώ το CEDIS επιβεβαιώνει την αποστολή ενεργώντας ως προσομοιωμένος πάροχος υπηρεσιών εξισορρόπησης (BSP). Οι αναμενόμενες ενέργειες ευελιξίας περιλαμβάνουν μείωση φορτίου, φόρτιση ή εκφόρτιση BESS, διαμόρφωση ηλεκτρολυτήρα και περικοπή έξυπνου φορτιστή. Ως αποτέλεσμα, οι επιλεγμένοι πόροι ενεργοποιούνται ως απάντηση στο αίτημα του ΔΣΜ, παρέχοντας την απαιτούμενη ευελιξία στην προσομοίωση κατανομής στο εθνικό δίκτυο.

ΠΊΝΑΚΑΣ 17: ΠΙΛΌΤΟΣ #1 - ΛΕΙΤΟΥΡΓΊΑ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ UC-IT-02

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Αίτημα παροχής βοηθητικών υπηρεσιών από το εθνικό δίκτυο (σήμα ενεργοποίησης ΔΣΜ).
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Χρονοδιαγράμματα βιομηχανικών εγκαταστάσεων και δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο· προβλέψεις παραγωγής και δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο· προβλέψεις ροής δικτύου· εξισορρόπηση των προβλέψεων της αγοράς και των ιστορικών δεδομένων ενεργοποίησης από τους ΔΣΜ.
Λογική Απόφασης	Η πλατφόρμα FLEXIA εκτελεί βελτιστοποίηση μεταξύ των διαθέσιμων πόρων ταχείας απόκρισης και στέλνει σημεία ρύθμισης ενεργοποίησης σε μεμονωμένα EMS. Το CEDIS επιβεβαιώνει την αποστολή ως προσομοίωση BSP.
Αναμενόμενη δράση	Μείωση φορτίου / φόρτιση–εκφόρτιση BESS / ρύθμιση ισχύος του ηλεκτρολυτήρα / περικοπή έξυπνου φορτιστή.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Η ευελιξία ενεργοποιείται και παρέχεται στην προσομοιωμένη αποστολή στο εθνικό δίκτυο.

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί - UC-IT-02

Εμπλεκόμενα συστήματα: πλατφόρμα FLEXIA· ΣΠΔ μεμονωμένων περιουσιακών στοιχείων· συστήματα SCADA· εργαλεία πρόβλεψης· διεπαφή αγοράς GME (για συμμετοχή MSD στην προσομοίωση)· ιστορικά δεδομένα αποστολής ΔΣΜ για αναπαραγωγή σήματος.

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Δεδομένα κατανάλωσης και κατάστασης φόρτισης παγίων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο· προβλέψεις παραγωγής· προβλέψεις τιμών αγοράς εξισορρόπησης και όγκου· σήματα κατανομής ΔΣΜ (προσομοιωμένα).

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: όρια κύκλου BESS και κατάστασης φόρτισης, ελάχιστο σταθερό φορτίο ηλεκτρολυτήρα και ρυθμοί ράμπας, απαιτήσεις συνέχειας της διαδικασίας για βιομηχανικά φορτία, όρια καθυστέρησης ταχείας απόκρισης, ελάχιστο όριο προσφοράς για συμμετοχή στο MSD.

Περιορισμοί της αγοράς και κανονιστικοί περιορισμοί: Το CEDIS δεν διαθέτει επί του παρόντος προεπιλογή BSP από τον ΔΣΜ και, ως εκ τούτου, η συμμετοχή προσομοιώνεται. Οι

διμερείς συμβατικές ρυθμίσεις με τους βιομηχανικούς καταναλωτές διέπουν τις υποχρεώσεις ευελιξίας και τις αμοιβές.

Σενάριο κύριας χρήσης - UC-IT-02

Σκανδάλη: Η πλατφόρμα FLEXIA λαμβάνει ένα προσομοιωμένο σήμα ενεργοποίησης TSO, ζητώντας προς τα πάνω ή προς τα κάτω ρύθμιση από την εικονική μονάδα CEDIS.

Αξιολόγηση: Η πλατφόρμα αξιολογεί την κατάσταση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο όλων των στοιχείων ταχείας απόκρισης (κατάσταση φόρτισης BESS, φορτίο ηλεκτρολυτήρα, διαθεσιμότητα έξυπνου φορτιστή) και εκτιμά τον συνολικό ενεργοποιήσιμο όγκο ευελιξίας.

Λύση: Ο βελτιστοποιητής επιλέγει τον καταλληλότερο συνδυασμό στοιχείων για την εκπλήρωση του αιτήματος εντός των ζωνών ανοχής, δίνοντας προτεραιότητα στο BESS και τον ηλεκτρολυτήρα για γρήγορη απόκριση και τα πιο αργά φορτία για την εφεδρεία αντικατάστασης.

Ενεργοποίηση: Η πλατφόρμα αποστέλλει εντολές σημείου ρύθμισης σε μεμονωμένα EMS στοιχείων. Τα στοιχεία ανταποκρίνονται εντός του απαιτούμενου χρονικού πλαισίου (5–15 λεπτά για γρήγορους πόρους, 30–60 λεπτά για πιο αργά φορτία).

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Η πλατφόρμα καταγράφει την απόκριση ενεργοποίησης και τη συγκρίνει με τον απαιτούμενο όγκο και τις ζώνες ανοχής. Τα προσομοιωμένα έσοδα από MSD υπολογίζονται με βάση τους ισχύοντες κανόνες της αγοράς. Τα κενά και οι μερικές εκπληρώσεις καταγράφονται για ανάλυση.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Λειτουργία τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση δικτύου DSO

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-IT-03

Το UC-IT-03 εστιάζει στην προσομοίωση μιας τοπικής αγοράς ευελιξίας (LFM) εντός του δικτύου διανομής CEDIS, χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα FLEXIA ως λειτουργική ραχοκοκαλιά. Αυτή η περίπτωση χρήσης είναι άμεσα ευθυγραμμισμένη με το ταχέως εξελισσόμενο ιταλικό ρυθμιστικό πλαίσιο για ευελιξία σε επίπεδο DSO, ιδίως με το ψήφισμα ARERA 352/2021 και τα ενεργά πιλοτικά έργα LFM (EDGE, MiNDFlex, RomeFlex) που δοκιμάζουν μηχανισμούς βασισμένους στην αγορά για τη διαχείριση της συμφόρησης και τη μείωση της περικοπής των ΑΠΕ σε επίπεδο διανομής. Το συγκεκριμένο πλαίσιο του CEDIS, ενός μικρού, κλειστού δικτύου διανομής με σημαντική παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (PV), αυξανόμενα περιουσιακά στοιχεία αποθήκευσης και ηλεκτρολυτήρα και αρκετούς βιομηχανικούς καταναλωτές, το καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό πεδίο δοκιμών για τον σχεδιασμό της τοπικής αγοράς ευελιξίας. Οι κύριοι επιχειρησιακοί στόχοι είναι: μεγιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης εντός του δικτύου CEDIS (μείωση τόσο των εισαγωγών όσο και των εξαγωγών στο σημείο διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο). επίλυση συμβάντων περικοπής φωτοβολταϊκών που προκύπτουν από περιορισμούς τοπικού δικτύου· και βελτιστοποίηση των οικονομικών συνθηκών των χρηματιστηρίων χονδρικής αγοράς του CEDIS. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα του UC-IT-3 περιλαμβάνουν την προσομοίωσημιας προσομοιωμένης λειτουργίας τοπικής αγοράς ευελιξίας σε ένα μικρό πλαίσιο DSO και την ποσοτικοποίηση του αντίκτυπου στην ιδιοκατανάλωση, τη μείωση των περικοπών, την

ανακούφιση από τη συμφόρηση του δικτύου και τη βελτιστοποίηση του κόστους της αγοράς χονδρικής.

Πίνακας 18: Πιλοτικό #1 - UC-IT-03 Γενικές παράμετροι βασικής περίπτωσης χρήσης

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-IT-03 — Λειτουργία τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση δικτύου DSO
Σύντομη Περιγραφή	Προσομοίωση μιας τοπικής αγοράς ευελιξίας εντός του δικτύου CEDIS για τη μεγιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης, την επίλυση του περιορισμού των ΑΠΕ, την ανακούφιση της τοπικής συμφόρησης και τη βελτιστοποίηση των συναλλαγών χονδρικής αγοράς, μέσω της πλατφόρμας FLEXIA.
Στόχος / Σκοπός	Προσομοίωση μιας τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση της ζήτησης με στόχο τη μεγιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης εντός του δικτύου CEDIS, την επίλυση της περικοπής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των σχετικών συμφορήσεων του δικτύου και τη βελτιστοποίηση των ανταλλαγών στη χονδρική αγορά, με το CEDIS να ενεργεί τόσο ως ΔΣΔ όσο και ως διαχειριστής της αγοράς.
Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Λειτουργία δικτύου διανομής / πλατφόρμα συγκέντρωσης / τοπική αγορά.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Επικυρωμένη προσομοίωση της λειτουργίας της τοπικής αγοράς ευελιξίας σε ένα μικρό πλαίσιο DSO. ποσοτικοποιημένος αντίκτυπος στην ιδιοκατανάλωση, τη μείωση των περικοπών, την ανακούφιση από τη συμφόρηση του δικτύου και τη βελτιστοποίηση του κόστους της αγοράς χονδρικής.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-IT-03

Εμπλέκεται η ίδια βάση περιουσιακών στοιχείων με τα UC-IT-01 και UC-IT-02, με όλους τους τύπους περιουσιακών στοιχείων να σχετίζονται με αυτήν την Περίπτωση Χρήσης. Η συμπληρωματικότητα μεταξύ της ευελιξίας αύξησης του φορτίου (απορρόφηση της πλεονάζουσας παραγωγής φωτοβολταϊκών, μείωση των εξαγωγών) και της ευελιξίας μείωσης του φορτίου (μείωση των εισαγωγών όταν οι τιμές χονδρικής είναι υψηλές ή όταν το απαιτούν οι τοπικοί περιορισμοί) αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό σχεδιασμού της τοπικής αγοράς.

Πίνακας 19: Πιλοτικό #1 - UC-IT-03 Βασικό βιομηχανικό πλαίσιο περίπτωσης χρήσης

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Μικτό βιομηχανικό σύμπλεγμα: όλα τα περιουσιακά στοιχεία εντός της περιοχής CEDIS, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, του BESS, του ηλεκτρολυτήρα και των έξυπνων φορτιστών.

Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Γραμμές ψύξης / θέρμανσης / παραγωγής / φόρτισης-εκφόρτισης BESS / ηλεκτρολυτήρα / έξυπνου EV και φόρτισης περονοφόρου / κλιβάνων.
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Όλα τα παραπάνω, τόσο η ανοδική ευελιξία (αύξηση φορτίου / φόρτιση αποθήκευσης / αύξηση ηλεκτρολυτήρα) όσο και η ευελιξία προς τα κάτω (μείωση φορτίου / εκφόρτιση αποθήκευσης) είναι σχετικά.
Κλίμακα ευελιξίας	Ενιαίο περιουσιακό στοιχείο (συγκεντρωτικά μέσω της πλατφόρμας FLEXIA για αποστολή στην τοπική αγορά).
Επίπεδο ελέγχου	Βασισμένο σε EMS (τα asset EMS λαμβάνουν σημεία ρύθμισης από την πλατφόρμα FLEXIA κατά την ενεργοποίηση του CEDIS).

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - - UC-IT-03

Η τοπική αγορά ευελιξίας που προσομοιώνεται στο UC-IT-03 είναι δομημένη σύμφωνα με το ιταλικό πλαίσιο LFM που προκύπτει από την απόφαση ARERA 352/2021 και τα ενεργά πιλοτικά έργα. Το CEDIS ενεργεί ταυτόχρονα ως DSO (προσδιορισμός των αναγκών του δικτύου) και ως διαχειριστής της τοπικής αγοράς (λαμβάνοντας προσφορές ευελιξίας από βιομηχανικούς BSP και ενεργοποιώντας τις κατά σειρά αξίας). Ο σχεδιασμός της αγοράς περιλαμβάνει μελλοντικό προγραμματισμό (επόμενης ημέρας) και ενεργοποίηση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, που ενεργοποιείται από σήματα δικτύου ή συνθήκες χονδρικής αγοράς. Η περίπτωση χρήσης λαμβάνει επίσης υπόψη τη διττή φύση των αναγκών ευελιξίας εντός του δικτύου CEDIS: απαιτείται ανοδική ευελιξία (μείωση φορτίου ή εκφόρτιση αποθήκευσης) σε περιόδους υψηλών τιμών χονδρικής ή περιορισμών στις εισαγωγές δικτύου, ενώ απαιτείται ευελιξία προς τα κάτω (αύξηση φορτίου, χρέωση αποθήκευσης, αύξηση ηλεκτρολυτήρα) σε περιόδους πλεονάζουσας τοπικής παραγωγής φωτοβολταϊκών για την αποφυγή περικοπών και σχετικών συμφορήσεων στο δίκτυο. Η πρόταση αξίας UC-IT-03 βασίζεταιστην αύξηση της μείωσης της χονδρικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για το CEDIS και τη μεγιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης, τις πληρωμές υπηρεσιών δικτύου μέσω προσομοίωσης αμοιβής LFM σε αντάλλαγμα για υπηρεσίες υποστήριξης δικτύου και επακόλουθα έσοδα και εξοικονόμηση πόρων για τους βιομηχανικούς χρήστες.

Πίνακας 20: Πιλοτικό πρόγραμμα #1 - UC-IT-03 Πλαίσιο αγοράς και συστήματος βασικής περίπτωσης χρήσης

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Εσωτερική (διμερείς συμβάσεις CEDIS-βιομηχανίες) / Διαχείριση συμφόρησης (τοπική αγορά ευελιξίας εντός του δικτύου CEDIS).
Αγορά-στόχος	Τοπική Αγορά Ευελιξίας (MLF, προσομοίωση) / DAM (για βελτιστοποίηση της αγοράς χονδρικής).

Κατηγορία ενεργοποίησης	Σήμα περιορισμού δικτύου (περικοπή φωτοβολταϊκών, τοπική συμφόρηση) / σήμα τιμής χονδρικής αγοράς (υψηλό κόστος εισαγωγής ή πλεόνασμα εξαγωγών).
Επίπεδο ωριμότητας	Προσομοίωση (ευθυγραμμισμένη με το αναδυόμενο ιταλικό κανονιστικό πλαίσιο LFM. Το CEDIS δεν λειτουργεί ακόμη επίσημο LFM).
Κύριος οδηγός τιμής	Εξοικονόμηση / Έσοδα / Υποστήριξη δικτύου / Μεγιστοποίηση ιδιοκατανάλωσης.
Ροή εσόδων / οφελών	Μείωση κόστους στη χονδρική αγορά για CEDIS / Πληρωμές υπηρεσιών δικτύου (προσομοίωση αμοιβής LFM) / Έσοδα και εξοικονόμηση για βιομηχανικούς χρήστες.

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-IT-03

Βιομηχανικοί χώροι (Innova, Polytec και Poncial): Προσφέρουν υπηρεσίες ευελιξίας (ανοδικά και καθοδικά) στο CEDIS μέσω της πλατφόρμας FLEXIA, στο πλαίσιο διμερών συμβάσεων και προσομοίωσης συμμετοχής στο LFM. Κάθε χώρος υποβάλλει προσφορές διαθεσιμότητας και ενεργοποίησης με βάση τους λειτουργικούς περιορισμούς και τη δομή του κόστους του.

CEDIS (DSO και BSP): Προσδιορίζει τους περιορισμούς του δικτύου και τις ανάγκες της αγοράς, λαμβάνει προσφορές ευελιξίας μέσω της πλατφόρμας FLEXIA, επιλέγει πόρους με αξιοκρατική σειρά και ενεργοποιεί την ευελιξία όταν χρειάζεται. Το CEDIS βρίσκεται σε μοναδική θέση για να ενεργεί τόσο ως DSO όσο και ως BSP, δεδομένης της δομής του κλειστού δικτύου και της άμεσης σχέσης του με συνδεδεμένους βιομηχανικούς καταναλωτές.

GME / Piclo (διεπαφές πλατφόρμας αγοράς): Παροχή της υποδομής από την πλευρά της αγοράς για την υποβολή προσφορών και τον διακανονισμό στην προσομοιωμένη τοπική αγορά ευελιξίας. Στο μελλοντικό πλαίσιο της πραγματικής αγοράς, η GME θα μπορούσε να διαχειρίζεται τις δημοπρασίες MLF (σύμφωνα με το πλαίσιο ARERA 372/2023) ή αντίθετα την Piclo Flex ως δυνητικό διαμεσολαβητή πλατφόρμας.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-IT-03

Το UC-IT-03 ξεκινά από ένα αίτημα υπηρεσίας ευελιξίας από το CEDIS, που ενεργοποιείται είτε από περικοπή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που απαιτεί ευελιξία προς τα κάτω μέσω αυξημένου φορτίου, είτε από υψηλές τιμές εισαγωγής χονδρικής αγοράς ή συμφόρηση τοπικού δικτύου, που απαιτεί ανοδική ευελιξία μέσω μείωσης φορτίου. Η πλατφόρμα FLEXIA συνδυάζει χρονοδιαγράμματα βιομηχανικών χώρων και λειτουργικά δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο με προβλέψεις και μετρήσεις φωτοβολταϊκών και παραγωγής, προβλέψεις ροής δικτύου και μετρήσεις σχεδόν σε πραγματικό χρόνο στο όριο CEDIS και προβλέψεις τιμών αγοράς επόμενης ημέρας. Με βάση αυτές τις εισροές, η πλατφόρμα βελτιστοποιεί τους διαθέσιμους πόρους ευελιξίας σύμφωνα με τις συνθήκες του δικτύου και της αγοράς και τους επιλέγει κατά σειρά αξίας με βάση το αυξανόμενο κόστος ενεργοποίησης. Στη συνέχεια, το CEDIS επιβεβαιώνει και ενεργοποιεί την ενεργοποίηση, με το FLEXIA να στέλνει τα αντίστοιχα σημεία ρύθμισης στα επιλεγμένα στοιχεία. Οι αναμενόμενες ενέργειες περιλαμβάνουν μετατόπιση φορτίου, αύξηση

φορτίου για την απορρόφηση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που διαφορετικά θα περιοριζόταν διαφορετικά, μείωση φορτίου για την αντιμετώπιση συμφόρησης ή συμβάντων υψηλών τιμών, φόρτιση ή εκφόρτιση BESS και επαναπρογραμματισμό διαδικασιών. Η προκύπτουσα ευελιξία παρέχεται στο CEDIS για την αύξηση της ιδιοκατανάλωσης εντός του δικτύου του, τον μετριασμό του περιορισμού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της σχετικής συμφόρησης και τη βελτιστοποίηση των ανταλλαγών με τη χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

ΠΊΝΑΚΑΣ 21: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #1 - ΒΑΣΙΚΈΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΊΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗ ΧΡΉΣΗΣ UC-IT-03

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Αίτημα υπηρεσίας ευελιξίας από το CEDIS λόγω: α) περικοπής ΑΠΕ (απαιτείται προς τα κάτω - αύξηση φορτίου)· ή β) υψηλών τιμών εισαγωγής στην αγορά χονδρικής ή συμφόρησης του τοπικού δικτύου (απαιτείται ευελιξία προς τα πάνω - μείωση φορτίου).
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Χρονοδιαγράμματα βιομηχανικών εγκαταστάσεων και δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Προβλέψεις φωτοβολταϊκών και παραγωγής και δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Προβλέψεις ροής δικτύου και μετρήσεις σχεδόν σε πραγματικό χρόνο στα όρια CEDIS. Πρόβλεψη τιμών αγοράς επόμενης ημέρας.
Λογική Απόφασης	Η πλατφόρμα FLEXIA εκτελεί βελτιστοποίηση με βάση τις συνθήκες του δικτύου και της αγοράς και επιλέγει πόρους με αξιοκρατική σειρά (αύξον κόστος ενεργοποίησης). Το CEDIS επιβεβαιώνει και ενεργοποιεί την ενεργοποίηση.
Αναμενόμενη δράση	Μετατόπιση φορτίου / αύξηση φορτίου (για απορρόφηση περικοπής) / μείωση φορτίου (για συμφόρηση ή συμβάντα υψηλής τιμής) / φόρτιση ή εκφόρτιση BESS / επαναπρογραμματισμός διαδικασίας.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Ευελιξία που ενεργοποιείται και παρέχεται στο CEDIS για τη μεγιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης εντός του δικτύου CEDIS, την επίλυση της περικοπής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των σχετικών συμφορήσεων του δικτύου, τη βελτιστοποίηση των ανταλλαγών στη χονδρική αγορά.

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί

Εμπλεκόμενα συστήματα: πλατφόρμα FLEXIA. μεμονωμένα EMS περιουσιακών στοιχείων. Σύστημα SCADA στο CEDIS. εργαλεία πρόβλεψης για την παραγωγή, το φορτίο και τις τιμές αγοράς φωτοβολταϊκών. Διεπαφή αγοράς GME/Piclo (για προσομοίωση λειτουργίας LFM). διεπαφές πλατφόρμας αγοράς.

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Δεδομένα κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο και πρόβλεψη κατανάλωσης σε επίπεδο ενεργητικού· πρόβλεψη παραγωγής φωτοβολταϊκών και παραγωγή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο· μετρήσεις ροής δικτύου στο σημείο διασύνδεσης CEDIS· τιμές χονδρικής αγοράς (DAM)· προσφορές ευελιξίας από βιομηχανικές εγκαταστάσεις (δυναμικότητα, τιμή, διαθεσιμότητα).

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Όρια χωρητικότητας ανά περιουσιακό στοιχείο· Περιορισμοί κατάστασης φόρτισης και κύκλου BESS· ελάχιστο φορτίο ηλεκτρολυτήρα και ρυθμοί

ράμπας· όρια θερμοκρασίας διεργασίας για θερμικά φορτία· μέγιστη διάρκεια σημείου ρύθμισης· απαιτήσεις κυβερνοασφάλειας για εξ αποστάσεως ενεργοποίηση.

Περιορισμοί της αγοράς και κανονιστικοί περιορισμοί: Διμερείς συμβατικές ρυθμίσεις μεταξύ του CEDIS και των βιομηχανικών καταναλωτών (που καθορίζουν τις υποχρεώσεις ευελιξίας, την αμοιβή και τις κυρώσεις), συνθήκες της αγοράς χονδρικής για το CEDIS (έλλειμμα με διαφορετική τιμή από το πλεόνασμα στην ιταλική αγορά GME), απουσία επίσημου μηχανισμού LFM για το CEDIS (απαιτείται προσομοίωση).

Κύριο σενάριο περίπτωσης χρήσης

Ενεργοποίηση: Το CEDIS ανιχνεύει ένα επερχόμενο συμβάν υπερπαραγωγής φωτοβολταϊκών (πλεονάζουσα τοπική παραγωγή που ενδέχεται να υπερβεί τα όρια εξαγωγών του δικτύου) ή μια περίοδο υψηλών τιμών χονδρικής (ευκαιρία βελτιστοποίησης του κόστους εισαγωγής). Η πλατφόρμα FLEXIA ειδοποιείται και ξεκινά τον κύκλο προγραμματισμού.

Εκτίμηση: Η πλατφόρμα συλλέγει δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο και προβλέψεις από όλα τα περιουσιακά στοιχεία και το όριο του δικτύου και αξιολογεί την ανοδική ή καθοδική ευελιξία που είναι διαθέσιμη σε όλο το χαρτοφυλάκιο.

Απόφαση: Η πλατφόρμα επιλέγει πόρους κατά αξιοκρατική σειρά, αντιστοιχίζοντας τις προσφορές ευελιξίας από βιομηχανικές εγκαταστάσεις με τις συγκεκριμένες ανάγκες του δικτύου (κατεύθυνση, όγκος, χρονοδιάγραμμα). Το CEDIS επιβεβαιώνει το σχέδιο ενεργοποίησης.

Ενεργοποίηση: Το CEDIS εκδίδει ένα σήμα ενεργοποίησης. Η πλατφόρμα FLEXIA αποστέλλει εντολές σημείου ρύθμισης σε μεμονωμένα EMS περιουσιακών στοιχείων. Τα περιουσιακά στοιχεία ανταποκρίνονται αυξάνοντας ή μειώνοντας το φορτίο τους εντός λειτουργικών περιορισμών.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Η πλατφόρμα παρακολουθεί την απόκριση ευελιξίας από κάθε στοιχείο και επαληθεύει την εκπλήρωση σε σχέση με την κατεύθυνση και τον όγκο που ζητήθηκε. Τα αποτελέσματα καταγράφονται για διακανονισμό βάσει διμερών συμβάσεων και για αναφορά KPI. Τα υπολειπόμενα κενά ενεργοποιούν αντίμετρα από άλλους διαθέσιμους πόρους.

3.2.2 Πιλοτική τοποθεσία #2: Αυστριακό πιλοτικό έργο

Επισκόπηση περίπτωσης πιλοτικής χρήσης

Το αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα διερευνά πώς η ευελιξία δύο βιομηχανικών εγκαταστάσεων στη Νοτιοανατολική Στυρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά υπό διαφορετικές συνθήκες αγοράς ενέργειας και ενεργειακού συστήματος. Το πιλοτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει την Gsellmann Mischfuttererzeugung, μια εταιρεία παραγωγής ζωοτροφών με διαδικασίες άλεσης και παραγωγής έντασης ηλεκτρικής ενέργειας, και τη Fleischhof Raabtal, μια εταιρεία επεξεργασίας κρέατος της οποίας η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται έντονα από τις συνεχείς απαιτήσεις ψύξης και ψύξης.

Στο αυστριακό πιλοτικό πρόγραμμα, συνολικά τρεις περιπτώσεις χρήσης αφορούν συμπληρωματικές πτυχές της βιομηχανικής ευελιξίας. Η πρώτη περίπτωση χρήσης - UC-AT-01 - επικεντρώνεται στην ευέλικτη απόκριση της βιομηχανικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε δυναμικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τις τιμές της αγοράς επόμενης ημέρας. Εξετάζει τον

τρόπο με τον οποίο η προσδιορισμένη ευελιξία των βιομηχανικών διεργασιών, σε συνδυασμό με την επιτόπια παραγωγή φωτοβολταϊκών και τη διαθέσιμη αποθήκευση, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μετατόπιση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ευνοϊκότερες περιόδους.

Η δεύτερη περίπτωση χρήσης - UC-AT-02 - διερευνά την ανάπτυξη μιας πιθανής μελλοντικής αγοράς ευελιξίας σε επίπεδο διανομής στην Αυστρία. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει επί του παρόντος τέτοια αγορά, η περίπτωση χρήσης διερευνά τον τρόπο με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε ενδεχομένως να συμβάλει στην ανακούφιση της συμφόρησης του δικτύου διανομής και στη βελτίωση της ενσωμάτωσης της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε μια πιθανή μελλοντική αγορά DSO.

Οι τρίτες περιπτώσεις χρήσης - UC-AT-03 - επεκτείνουν αυτή την προοπτική εξετάζοντας τον πιθανό συντονισμό της βιομηχανικής ευελιξίας μεταξύ του πιθανού μελλοντικού μηχανισμού σε επίπεδο ΔΣΔ που εξετάζεται στο UC-AT-02 και των υφιστάμενων μηχανισμών ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ.

Η προσέγγιση διαφέρει μεταξύ των τριών περιπτώσεων χρήσης. Το UC-AT-01 συνδέεται με την ανάλυση της βιομηχανικής ευελιξίας ως απάντηση στις δυναμικές τιμές επόμενης ημέρας. Τα UC-AT-02 και UC-AT-03 είναι κυρίως διερευνητικά και βασίζονται σε πληροφορίες, επειδή δεν υπάρχει επί του παρόντος αγορά ευελιξίας DSO στην Αυστρία και δεν θεωρείται δεδομένη η άμεση συμμετοχή των επιμέρους πιλοτικών εγκαταστάσεων στις αγορές ευελιξίας των ΔΣΜ. Ως εκ τούτου, αυτές οι περιπτώσεις χρήσης συνδυάζουν την έρευνα σχετικά με τις σχετικές συνθήκες της αγοράς και τις κανονιστικές συνθήκες, την ανταλλαγή γνώσεων με τους εταίρους του LEONARDO, τον καθορισμό και την αξιολόγηση αντιπροσωπευτικών σεναρίων και την ανατροφοδότηση από το αυστριακό πιλοτικό οικοσύστημα. Τα αναμενόμενα αποτελέσματά τους είναι αξιολογημένες έννοιες και πρακτικές συστάσεις και όχι πραγματικές ενεργοποιήσεις της αγοράς DSO ή TSO.

ΠΊΝΑΚΑΣ 22: ΠΙΛΌΤΟΣ #2: ΕΠΙΣΚΌΠΗΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Αναγνωριστικό UC	**Τίτλος περίπτωσης χρήσης**	**Κύρια εστίαση**
UC-AT-01	Εξερευνήστε διάφορες στρατηγικές συμμετοχής στην αγορά ενέργειας στην Αυστρία	Εξερευνήστε την ευέλικτη απόκριση της βιομηχανικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε δυναμικές τιμές με βάση τις τιμές της Αγοράς Επόμενης Ημέρας, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθέσιμη ευελιξία των διαδικασιών, την επιτόπια παραγωγή και αποθήκευση φωτοβολταϊκών.
UC-AT-02	Σχεδιασμός της αγοράς ευελιξίας σε επίπεδο διανομής	Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε να συμβάλει στην ελάφρυνση της συμφόρησης στο πλαίσιο μιας πιθανής μελλοντικής αγοράς ευελιξίας σε επίπεδο διανομής στην Αυστρία.

UC-AT-03	Πολυεπίπεδος Συντονισμός Ευελιξίας	Αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε ενδεχομένως να συντονιστεί μεταξύ ενός πιθανού μελλοντικού μηχανισμού ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ και των υφιστάμενων μηχανισμών ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Εξερευνήστε διαφορετικές στρατηγικές συμμετοχής στην αγορά ενέργειας στην Αυστρία

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-AT-01

Το UC-AT-01 διερευνά τον τρόπο με τον οποίο η διαθέσιμη ευελιξία των δύο αυστριακών βιομηχανικών εγκαταστάσεων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί οικονομικότερα ως απάντηση στις δυναμικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τις τιμές της αγοράς επόμενης ημέρας. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στον συντονισμό της ευέλικτης βιομηχανικής κατανάλωσης με τα μηνύματα τιμών επόμενης ημέρας, την επιτόπια παραγωγή φωτοβολταϊκών και τη διαθέσιμη αποθήκευση ή ευελιξία παρόμοια με την αποθήκευση.

Στην Gsellmann, η αξιολόγηση επικεντρώνεται στον συντονισμό του φρεζαρίσματος και άλλων μετατοπιζόμενων φορτίων παραγωγής με τις τιμές της αγοράς, τη διαθεσιμότητα φωτοβολταϊκών και τη μελλοντική λειτουργία του συστήματος αποθήκευσης μπαταριών. Στο Fleischhof Raabtal, οι κύριες δυνατότητες έγκειται στην προσαρμογή της λειτουργίας ψύξης εντός των ισχυόντων ορίων θερμοκρασίας, υγιεινής και ψυκτικής αλυσίδας, για παράδειγμα μέσω προψύξης σε περιόδους ευνοϊκών τιμών ή παραγωγής φωτοβολταϊκών.

Το Use Case δεν απαιτεί αυτόματη υποβολή προσφορών στην αγορά ή άμεσο απομακρυσμένο έλεγχο του βιομηχανικού εξοπλισμού. Το αναμενόμενο αποτέλεσμά του είναι μια τεκμηριωμένη σύγκριση των εφικτών στρατηγικών λειτουργίας και των αντίστοιχων συστάσεων για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

ΠΊΝΑΚΑΣ 23: ΠΙΛΌΤΟΣ #2 - UC-AT-01: ΓΕΝΙΚΈΣ ΠΑΡΆΜΕΤΡΟΙ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-AT-01 – Εξερευνήστε διαφορετικές στρατηγικές συμμετοχής στην αγορά ενέργειας στην Αυστρία
Σύντομη Περιγραφή	Αξιολογούν την ευελιξία της βιομηχανικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ως απόκριση σε δυναμικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τις τιμές της Αγοράς Επόμενης Ημέρας, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθέσιμη ευελιξία των βιομηχανικών καταναλωτών.
Στόχος / Σκοπός	Ανάλυση του τρόπου με τον οποίο μπορεί να βελτιστοποιηθεί η διαθέσιμη ευελιξία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων ως απάντηση στα μηνύματα των τιμών επόμενης ημέρας, με ιδιαίτερη έμφαση στην αποτελεσματική χρήση της επιτόπιας παραγωγής φωτοβολταϊκών και της διαθέσιμης αποθήκευσης ενέργειας.

Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Βιομηχανική διαδικασία / αγορά
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Προσδιορισμός κατάλληλων στρατηγικών λειτουργίας με βάση τα πραγματικά χαρακτηριστικά ευελιξίας των σχετικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της ποσοτικοποίησης των δυνατοτήτων μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, της αυξημένης ιδιοκατανάλωσης φωτοβολταϊκών και της αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της διαθέσιμης αποθήκευσης και της ευελιξίας που μοιάζει με αποθήκευση.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-AT-01

Η περίπτωση χρήσης καλύπτει δύο βιομηχανικούς τομείς που σχετίζονται με τα τρόφιμα με διαφορετικά χαρακτηριστικά ευελιξίας.

Η Gsellmann λειτουργεί μια εγκατάσταση παραγωγής ζωοτροφών έντασης ηλεκτρικής ενέργειας. Η άλεση και η άλεση αντιπροσωπεύουν ιδιαίτερα σημαντικά φορτία, ενώ πρόσθετη ευελιξία μπορεί να είναι διαθέσιμη στις σχετικές διαδικασίες παραγωγής και μεταφοράς. Η υπάρχουσα λογική διαχείρισης φορτίου ήδη δίνει προτεραιότητα ή μειώνει προσωρινά επιλεγμένα φορτία για να παραμείνουν εντός της συμβατικής δυναμικότητας σύνδεσης στο δίκτυο. Οι μύλοι μπορούν, εντός των ορίων της διαδικασίας, να μετακινηθούν μεταξύ των καταστάσεων φόρτωσης, εκφόρτωσης και απενεργοποίησης. Ωστόσο, η ευελιξία περιορίζεται γενικά σε μικρότερες περιόδους, επειδή οι παραγγελίες παραγωγής, η ζήτηση των πελατών και η συνέχεια της διαδικασίας παραμένουν οι πρωταρχικές επιχειρησιακές προτεραιότητες.

Στο Fleischhof Raabtal, απαιτείται συνεχώς ψύξη και αποθήκευση ψύξης για τη διατήρηση της ποιότητας, της υγιεινής και της ασφάλειας των τροφίμων. Ως εκ τούτου, η ευελιξία μπορεί να επιτευχθεί μόνο εντός του επιτρεπόμενου εύρους θερμοκρασιών και της θερμικής αδράνειας των ψυκτικών χώρων. Οι πιθανές στρατηγικές περιλαμβάνουν την πρόψυξη πριν από περιόδους υψηλών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας ή τη μείωση της ζήτησης ψύξης κατά τη διάρκεια σύντομων δυσμενών περιόδων, υπό την προϋπόθεση ότι διατηρούνται τα καθορισμένα όρια θερμοκρασίας.

ΠΊΝΑΚΑΣ 24: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #2 - UC-AT-01: ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Παραγωγή ζωοτροφών – Gsellmann Mischfuttererzeugung; επεξεργασία κρέατος με συνεχή ψύξη – Fleischhof Raabtal
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Gsellmann: πρόσληψη σιτηρών, ξήρανση, άλεση, ανάμειξη, μεταφορά και λειτουργία σιλό. Fleischhof Raabtal: σφαγή και επεξεργασία κρέατος, ψυκτικές αποθήκες, συνεχής ψύξη, εξαερισμός και γραμμές επεξεργασίας
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Gsellmann: φρεζάρισμα και άλεση. Fleischhof Raabtal: συμπιεστές ψύξης, πρόψυξη και ψυκτική αποθήκευση

Κλίμακα ευελιξίας	Ενιαίο περιουσιακό στοιχείο / βιομηχανικός χώρος
Επίπεδο ελέγχου	Υφιστάμενα συστήματα ελέγχου σε επίπεδο πάγιων στοιχείων και εγκαταστάσεων, υποστηριζόμενα από λειτουργίες διαχείρισης ενέργειας και διαχείρισης φορτίου

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC-AT-01

Το UC-AT-01 αντιμετωπίζει την ευέλικτη απόκριση της βιομηχανικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε δυναμικές τιμές με βάση τις τιμές της αγοράς επόμενης ημέρας. Το κύριο εξωτερικό έναυσμα είναι η εξέλιξη των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για την επόμενη ημέρα. Οι προβλέψεις παραγωγής φωτοβολταϊκών, τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής, οι συνθήκες διεργασίας και η διαθεσιμότητα αποθήκευσης καθορίζουν εάν και σε ποιο βαθμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ευκαιρίες που σχετίζονται με τις τιμές.

Η περίπτωση χρήσης αξιολογεί τον τρόπο με τον οποίο τα ευέλικτα φορτία θα μπορούσαν να μετατοπιστούν από περιόδους με υψηλότερες τιμές σε περιόδους με χαμηλότερες τιμές ή μεγαλύτερη διαθεσιμότητα επιτόπιας παραγωγής φωτοβολταϊκών. Για την Gsellmann, το σύστημα αποθήκευσης μπαταριών εισάγει μια πρόσθετη επιλογή για τη μετατόπιση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο του χρόνου, μόλις τεθεί σε λειτουργία και είναι διαθέσιμα τα απαιτούμενα δεδομένα λειτουργίας. Στο Fleischhof Raabtal, η ψύξη και η ψυκτική αποθήκευση μπορούν να παρέχουν ευελιξία παρόμοια με την αποθήκευση μέσω της θερμικής τους αδράνειας, με την επιφύλαξη των καθορισμένων ορίων θερμοκρασίας.

ΠΊΝΑΚΑΣ 25: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #2 - UC-AT-01: ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Χονδρική αγορά / εσωτερική ενεργειακή βελτιστοποίηση
Αγορά-στόχος	Αγορά επόμενης ημέρας
Κατηγορία ενεργοποίησης	Τιμή / πρόβλεψη / χρονοδιάγραμμα
Επίπεδο ωριμότητας	Υφιστάμενο / προσομοιωμένο
Κύριος οδηγός τιμής	Αποταμίευση / μάθηση
Ροή εσόδων / οφελών	Μείωση κόστους / βελτιωμένη ιδιοκατανάλωση Φ/Β / βελτιωμένη χρήση της ευελιξίας αποθήκευσης

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Παρέχει πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά, την αποθήκευση και τη διεργασία και αξιολογεί εάν οι προτεινόμενες αλλαγές λειτουργίας είναι συμβατές με τις απαιτήσεις παραγωγής.

Fleischhof Raabtal: Παρέχει πληροφορίες ηλεκτρικής ενέργειας, ψύξης, θερμοκρασίας, φωτοβολταϊκών και διεργασιών, καθορίζει όρια ψυκτικής αλυσίδας, υγιεινής και παραγωγής και αξιολογεί τη λειτουργική σκοπιμότητα της προψύξης ή άλλων προσαρμογών στη λειτουργία ψύξης.

EVON: Παρέχει τα απαιτούμενα δεδομένα βιομηχανικής ενέργειας και διεργασιών από τις πιλοτικές τοποθεσίες και διασφαλίζει ότι οι σχετικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες για την ανάλυση. Καθώς τα συστήματά της εγκαθίστανται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η EVON συνεισφέρει επίσης γνώση της υπάρχουσας λογικής ελέγχου και διαχείρισης φορτίου.

LEONARDO / iFAAP: Αναλύει τη διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία και αξιολογεί εναλλακτικές στρατηγικές λειτουργίας λαμβάνοντας υπόψη τα σήματα τιμών επόμενης ημέρας, την παραγωγή φωτοβολταϊκών, τις επιλογές αποθήκευσης και τους περιορισμούς διεργασιών. Με βάση αυτή την αξιολόγηση, δημιουργούνται επιλογές βελτιστοποίησης και συστάσεις.

Ο ΕΕΕ και οι αυστριακοί εταίροι του πιλοτικού οικοσυστήματος: Συντονισμός της περίπτωσης χρήσης, ερμηνεία και συζήτηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, λήψη ανατροφοδότησης από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και μετατροπή των ευρημάτων σε πρακτικές συστάσεις.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-AT-01

Σκοπός της περίπτωσης χρήσης είναι να αξιολογηθεί ο τρόπος με τον οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία για την αντιμετώπιση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης ημέρας. Οι σχετικές πληροφορίες σχετικά με τις τιμές, την ενέργεια και τις διαδικασίες θα αποτελέσουν τη βάση για τη σύγκριση πιθανών επιχειρησιακών στρατηγικών με την πράξη αναφοράς.

Στην αξιολόγηση θα ληφθούν υπόψη τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί. Τα αποτελέσματα αναμένεται να προσδιορίσουν εφικτές επιλογές βελτιστοποίησης και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη συστάσεων για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η ανατροφοδότηση από τις εγκαταστάσεις θα χρησιμοποιηθεί για την περαιτέρω βελτίωση αυτών των συστάσεων.

ΠΊΝΑΚΑΣ 26: ΠΙΛΌΤΟΣ #2 - UC-AT-01: ΛΕΙΤΟΥΡΓΊΑ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Μηνύματα σχετικά με τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης ημέρας και σχετικές διακυμάνσεις των τιμών
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Ιστορική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή Φ/Β, πληροφορίες αποθήκευσης, δεδομένα διεργασίας και καθορισμένοι τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί
Λογική Απόφασης	Αξιολόγηση των ευέλικτων στοιχείων ενεργητικού που θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στα μηνύματα τιμών επόμενης ημέρας εντός των καθορισμένων λειτουργικών περιορισμών τους
Αναμενόμενη δράση	Προσδιορισμός πιθανών μετατοπίσεων φορτίου και κατάλληλων ευέλικτων στοιχείων

Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Συστάσεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο τα προσδιορισμένα ευέλικτα πάγια στοιχεία θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας και να βελτιώσουν τη χρήση της επιτόπιας παραγωγής φωτοβολταϊκών και τη διαθέσιμη ευελιξία

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί - UC-AT-01

Εμπλεκόμενα συστήματα: διεπαφές δεδομένων EVON, στοιχεία LEONARDO/iFAAP και πηγές δεδομένων αγοράς επόμενης ημέρας.

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Ιστορικά και τακτικά επικαιροποιούμενα δεδομένα φορτίου και διεργασιών, πληροφορίες ΦΒ και αποθήκευσης, τιμές επόμενης ημέρας και καθορισμένα όρια ευελιξίας.

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Χρονοδιαγράμματα παραγωγής και προτεραιότητες διαχείρισης φορτίου στο Gsellmann, απαιτήσεις θερμοκρασίας, ψυκτικής αλυσίδας, υγιεινής και επεξεργασίας στο Fleischhof Raabtal.

Περιορισμοί της αγοράς και κανονιστικοί περιορισμοί: Το οικονομικό όφελος εξαρτάται από τις ρυθμίσεις προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας και τη σύνδεσή τους με τις τιμές επόμενης ημέρας.

Σενάριο Κύριας Χρήσης - UC-AT-01

Ενεργοποίηση: Οι τιμές επόμενης ημέρας υποδεικνύουν συγκριτικά ευνοϊκές ή δυσμενείς περιόδους τιμών για την επόμενη ημέρα.

Αξιολόγηση: Τα δεδομένα βιομηχανικού φορτίου, φωτοβολταϊκών, αποθήκευσης και διεργασιών θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των ευέλικτων περιουσιακών στοιχείων που θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στα μηνύματα τιμών στο πλαίσιο των τεχνικών και λειτουργικών περιορισμών τους.

Απόφαση: Οι πιθανές επιλογές λειτουργίας συγκρίνονται με τη λειτουργία αναφοράς όσον αφορά το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, την ιδιοκατανάλωση φωτοβολταϊκών, τη χρήση αποθήκευσης και τη λειτουργική σκοπιμότητα.

Ενεργοποίηση: Οι εφικτές επιλογές μεταφράζονται σε συστάσεις για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Ποσοτικοποιούνται οι πιθανές επιπτώσεις στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος και την ιδιοκατανάλωση φωτοβολταϊκών. Η ανατροφοδότηση από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις υποστηρίζει τη βελτίωση των παραδοχών και των συστάσεων.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Σχεδιασμός Αγοράς Ευελιξίας σε Επίπεδο Διανομής

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-AT-02

Το UC-AT-02 θα διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε να συμβάλει στην ανακούφιση της συμφόρησης σε μια μελλοντική αγορά ευελιξίας σε επίπεδο διανομής στην Αυστρία. Θα αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του δικτύου διανομής που προκύπτουν από τις αυξανόμενες αιχμές τόσο στην αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο καλύτερος συντονισμός της ευέλικτης βιομηχανικής κατανάλωσης με περιόδους υψηλής παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των αιχμών τόσο των εισαγωγών όσο και των εξαγωγών δικτύου και να στηρίξει την αποτελεσματικότερη χρήση της διαθέσιμης δυναμικότητας του δικτύου.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει επί του παρόντος καθιερωμένη αγορά ευελιξίας ΔΣΔ στην Αυστρία, η περίπτωση χρήσης θα εξετάσει αντιπροσωπευτικά μελλοντικά σενάρια αγοράς και δικτύου. Τα σενάρια αυτά θα συνδυαστούν με πληροφορίες σχετικά με την ευελιξία που είναι διαθέσιμη στις δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις για να αξιολογηθεί ο τρόπος με τον οποίο οι πιθανές ανάγκες δικτύου θα μπορούσαν να μεταφραστούν σε αιτήματα ευελιξίας και να συνδυαστούν με κατάλληλες βιομηχανικές απαντήσεις.

Ένας σημαντικός σκοπός της μελέτης χρήσης είναι η ευαισθητοποίηση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων σχετικά με την αυξανόμενη σημασία της ευελιξίας που σχετίζεται με το δίκτυο. Ενώ η τρέχουσα οικονομική εστίασή τους είναι κυρίως στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, η μελέτη χρήσης θα φέρει στη συζήτηση πιθανές μελλοντικές απαιτήσεις σε επίπεδο ΔΣΔ και μηχανισμούς της αγοράς σε πρώιμο στάδιο. Αυτό θα ενθαρρύνει τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις να εξετάσουν την ευελιξία που σχετίζεται με το δίκτυο στις μελλοντικές τους αποφάσεις για τη διαχείριση της ενέργειας και τις επενδύσεις.

Η αξιολόγηση θα βασιστεί σε σχετικές έννοιες της αγοράς, παραμέτρους σεναρίων και αναλυτικά αποτελέσματα που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του LEONARDO. Η ανατροφοδότηση από το πιλοτικό οικοσύστημα θα υποστηρίξει την αξιολόγηση της δυνατότητας εφαρμογής τους στο αυστριακό πλαίσιο. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι μια προτεινόμενη προσέγγιση που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε ενδεχομένως να ζητηθεί και να χρησιμοποιηθεί η βιομηχανική ευελιξία σε έναν μελλοντικό μηχανισμό ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ, μαζί με συστάσεις για την υποστήριξη της έγκαιρης προετοιμασίας των βιομηχανικών χώρων.

ΠΊΝΑΚΑΣ 27: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #2 - UC-AT-02: ΓΕΝΙΚΈΣ ΠΑΡΆΜΕΤΡΟΙ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-AT-02 – Σχεδιασμός Αγοράς Ευελιξίας σε Επίπεδο Διανομής
Σύντομη Περιγραφή	Διερεύνηση της ανάπτυξης ενός νέου σχεδιασμού αγοράς για ευελιξία σε επίπεδο διανομής στο αυστριακό οικοσύστημα με στόχο την ανακούφιση της συμφόρησης του δικτύου διανομής.
Στόχος / Σκοπός	Αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε να ανταποκριθεί σε αντιπροσωπευτικές μελλοντικές ανάγκες σε επίπεδο ΔΣΔ και να συμβάλει στη μείωση της συμφόρησης του δικτύου διανομής.

Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Βιομηχανική διαδικασία / αγορά DSO
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Προτεινόμενος και αξιολογημένος μηχανισμός ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο οι ανάγκες του τοπικού δικτύου θα μπορούσαν να μεταφραστούν σε αιτήματα ευελιξίας, να συνδυαστούν με τη διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία και να κοινοποιηθούν στις συμμετέχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-AT-02

Οι βιομηχανικοί πόροι που εξετάζονται στο UC-AT-02 είναι οι ίδιες κύριες ευέλικτες διαδικασίες που προσδιορίζονται για το UC-AT-01. Ωστόσο, ο δυνητικός σκοπός τους αλλάζει από την ανταπόκριση στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στη συμβολή σε ένα πιθανό μελλοντικό αίτημα ευελιξίας του δικτύου διανομής.

Στην Gsellmann, η προσωρινή μείωση του φορτίου ή η μετατόπιση του φρεζαρίσματος και των σχετικών φορτίων παραγωγής θα μπορούσε ενδεχομένως να συμβάλει σε ένα τοπικό αίτημα ευελιξίας. Το υφιστάμενο εσωτερικό σύστημα διαχείρισης φορτίου παρέχει σχετική πρακτική εμπειρία, διότι ήδη συντονίζει τον εξοπλισμό ώστε να παραμένει εντός της συμβατικής δυναμικότητας σύνδεσης με το δίκτυο. Ωστόσο, οποιαδήποτε εξωτερική διάταξη ευελιξίας θα πρέπει να παραμείνει υποδεέστερη των υποχρεώσεων παραγωγής και των παραγγελιών των πελατών.

Στο Fleischhof Raabtal, η ψύξη και η ψυκτική αποθήκευση ενδέχεται να παρέχουν περιορισμένες δυνατότητες χρονικής μετατόπισης μέσω θερμικής αδράνειας και πρόψυξης. Οποιαδήποτε απάντηση σε πιθανό μελλοντικό αίτημα αγοράς ΔΣΔ θα πρέπει να παραμείνει εντός του καθορισμένου εύρους θερμοκρασιών και δεν θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την ψυκτική αλυσίδα. Ως εκ τούτου, η διάρκεια και ο όγκος της διαθέσιμης ευελιξίας θα εξαρτώνταν από τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και θερμοκρασίας όταν υποβάλλεται ένα αίτημα.

ΠΊΝΑΚΑΣ 28: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #2 - UC-AT-02 - ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Παραγωγή ζωοτροφών – Gsellmann Mischfuttererzeugung; επεξεργασία κρέατος με συνεχή ψύξη – Fleischhof Raabtal
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Gsellmann: πρόσληψη σιτηρών, ξήρανση, άλεση, ανάμειξη, μεταφορά και λειτουργία σιλό. Fleischhof Raabtal: σφαγή και επεξεργασία κρέατος, ψυκτική αποθήκευση, συνεχής ψύξη, εξαερισμός και γραμμές επεξεργασίας.
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Gsellmann: φρεζάρισμα και λείανση και άλλα μετατοπιζόμενα φορτία παραγωγής, όπου αυτό είναι εφικτό. Fleischhof Raabtal: ψυκτικοί συμπιεστές και πρόψυξη κατεψυγμένων αποθηκευτικών χώρων, ψυκτικών θαλάμων και χώρων εργασίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας.

Κλίμακα ευελιξίας	Μεμονωμένο περιουσιακό στοιχείο / ιστότοπος
Επίπεδο ελέγχου	Έλεγχος σε επίπεδο πάγιου στοιχείου και τοποθεσίας, που ενδεχομένως υποστηρίζεται από υπάρχοντα συστήματα ελέγχου σε επίπεδο πάγιου στοιχείου και τοποθεσίας, υποστηριζόμενα από λειτουργίες διαχείρισης ενέργειας και διαχείρισης φορτίου.

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC-AT-02

Το UC-AT-02 εξετάζει τη διαχείριση της συμφόρησης και την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε μια πιθανή μελλοντική αγορά ευελιξίας σε επίπεδο διανομής. Θα χρησιμοποιηθούν αντιπροσωπευτικά σενάρια για την αξιολόγηση πιθανών αναγκών ευελιξίας σε επίπεδο διανομής και πιθανών βιομηχανικών απαντήσεων.

Η περίπτωση χρήσης θα διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε να συμβάλει σε έναν μελλοντικό μηχανισμό ευελιξίας σε επίπεδο διανομής και ποια πιθανά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει επί του παρόντος τέτοια αγορά στην Αυστρία, η αξιολόγηση θα είναι εννοιολογική και θα βασίζεται σε σενάρια.

ΠΊΝΑΚΑΣ 29: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #2 - UC-AT-02: ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Διαχείριση συμφόρησης
Αγορά-στόχος	Πιθανή μελλοντική αγορά Τοπικής Ευελιξίας / DSO
Κατηγορία ενεργοποίησης	Πλέγμα / αίτημα
Επίπεδο ωριμότητας	Μέλλον / προσομοίωση
Κύριος οδηγός τιμής	Υποστήριξη πλέγματος / αξιοπιστία / εκμάθηση
Ροή εσόδων / οφελών	Πιθανές μελλοντικές πληρωμές υπηρεσιών δικτύου / ανακούφιση συμφόρησης / βελτιωμένη ενσωμάτωση ΑΠΕ

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Παρέχει πληροφορίες σχετικά με ευέλικτα φορτία παραγωγής, πρακτικές διαχείρισης φορτίου και λειτουργικούς περιορισμούς.

Fleischhof Raabtal: Παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ευελιξία ψύξης, τις συνθήκες θερμοκρασίας και τις απαιτήσεις ψυχρής αλυσίδας.

EVON: Παρέχει δεδομένα βιομηχανικής ενέργειας και διεργασιών και γνώση των υφιστάμενων συστημάτων ελέγχου σε επίπεδο τοποθεσίας.

EEE: Συντονίζει την περίπτωση χρήσης, διευκολύνει την ανατροφοδότηση από το πιλοτικό οικοσύστημα και κοινοποιεί συστάσεις στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

LEONARDO: Συνεισφέρετε σχετικές γνώσεις αγοράς και υποστηρίξτε την ανάπτυξη και αξιολόγηση μελλοντικών σεναρίων ευελιξίας.

LEONARDO / iFAAP: Υποστηρίζει την αξιολόγηση της βιομηχανικής ευελιξίας εντός των καθορισμένων σεναρίων.

Πιθανός μελλοντικός ΔΣΔ ή διαχειριστής αγοράς: Αντιπροσωπεύει τον παράγοντα που προσδιορίζει τις ανάγκες του δικτύου και ζητά ευελιξία σε μια μελλοντική αγορά ΔΣΔ.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-AT-02

Η περίπτωση χρήσης θα χρησιμοποιήσει αντιπροσωπευτικά σενάρια ευελιξίας σε επίπεδο διανομής για να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο οι βιομηχανικοί καταναλωτές θα μπορούσαν να συμμετάσχουν σε μια πιθανή μελλοντική αγορά ΔΣΔ. Η διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία θα συγκριθεί με τις υποτιθέμενες ανάγκες ευελιξίας, υποστηριζόμενη από βιομηχανικά δεδομένα και αναλυτικά αποτελέσματα, κατά περίπτωση.

Τα ευρήματα θα συζητηθούν με τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και το πιλοτικό οικοσύστημα. Τα σχόλιά τους θα υποστηρίξουν τη βελτίωση των σεναρίων και την ανάπτυξη συστάσεων για την πιθανή μελλοντική χρήση της βιομηχανικής ευελιξίας σε επίπεδο DSO.

ΠΊΝΑΚΑΣ 30: ΠΙΛΌΤΟΣ #2 - UC-AT-02: ΛΕΙΤΟΥΡΓΊΑ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Ορισμός αντιπροσωπευτικής ανάγκης ευελιξίας σε επίπεδο διανομής ή πρόκλησης δικτύου
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Σχετικές πληροφορίες αγοράς και σεναρίων, δεδομένα βιομηχανικού φορτίου και διεργασιών, πληροφορίες φωτοβολταϊκών και αποθήκευσης και λειτουργικοί περιορισμοί
Λογική Απόφασης	Σύγκριση της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας με τις αντιπροσωπευτικές ανάγκες ευελιξίας και αξιολόγηση της δυνητικής εφαρμογής της
Αναμενόμενη δράση	Προσδιορισμός πιθανών απαντήσεων βιομηχανικής ευελιξίας και πιθανών προσεγγίσεων επικοινωνίας
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Αξιολόγηση βάσει σεναρίων της βιομηχανικής ευελιξίας που είναι διαθέσιμη για μελλοντική χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ, μαζί με συστάσεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να ζητηθεί και να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της ζήτησης και των αιχμών τροφοδοσίας και την αποσυμφόρηση του δικτύου διανομής

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί

Εμπλεκόμενα συστήματα: Βιομηχανικά συστήματα παρακολούθησης, διεπαφές δεδομένων EVON, στοιχεία LEONARDO/iFAAP και πληροφορίες σεναρίων που καθορίζονται από το έργο.

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Δεδομένα βιομηχανικού φορτίου και διεργασιών, διαθέσιμη ευελιξία, πληροφορίες φωτοβολταϊκών και αποθήκευσης, λειτουργικοί περιορισμοί και αντιπροσωπευτικές ανάγκες ευελιξίας σε επίπεδο DSO.

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Απαιτήσεις παραγωγής και συνέχεια της διαδικασίας στο Gsellmann, απαιτήσεις θερμοκρασίας, υγιεινής, ασφάλειας των τροφίμων και ψυκτικής αλυσίδας στο Fleischhof Raabtal.

Περιορισμοί της αγοράς και κανονιστικοί περιορισμοί: Στην Αυστρία δεν έχει ακόμη δημιουργηθεί αγορά ευελιξίας των ΔΣΔ. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση θα χρησιμοποιήσει αντιπροσωπευτικά σενάρια χωρίς δεδομένα περιορισμών δικτύου ανά τοποθεσία ή πραγματικά αιτήματα ΔΣΔ.

Κύριο σενάριο περίπτωσης χρήσης

Ενεργοποίηση: Εντοπίζεται μια σχετική πρόκληση δικτύου σε επίπεδο διανομής και μεταφράζεται σε αντιπροσωπευτική ανάγκη ευελιξίας για μια πιθανή μελλοντική αγορά DSO.

Αξιολόγηση: Η διαθέσιμη ευελιξία στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις θα συγκριθεί με τις απαιτήσεις του αντιπροσωπευτικού σεναρίου. Λαμβάνονται υπόψη δεδομένα βιομηχανικού φορτίου και διεργασιών, πληροφορίες φωτοβολταϊκών και αποθήκευσης και λειτουργικοί περιορισμοί.

Απόφαση: Αξιολογούνται οι πιθανές επιλογές αντιμετώπισης όσον αφορά την τεχνική και επιχειρησιακή σκοπιμότητά τους. Προσδιορίζονται κατάλληλα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και πιθανές δράσεις ευελιξίας για το αντίστοιχο σενάριο.

Ενεργοποίηση: Η επιλεγμένη απόκριση παρουσιάζεται ως δράση ευελιξίας βάσει σεναρίου, δείχνοντας πώς η βιομηχανική κατανάλωση θα μπορούσε ενδεχομένως να προσαρμοστεί ως απάντηση σε ένα μελλοντικό αίτημα DSO.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Αξιολογείται η πιθανή συμβολή της βιομηχανικής ευελιξίας στην υποτιθέμενη ανάγκη δικτύου. Τα αποτελέσματα και η ανατροφοδότηση από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του σεναρίου και τη διατύπωση συστάσεων για έναν πιθανό μελλοντικό μηχανισμό ευελιξίας σε επίπεδο DSO.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Πολυεπίπεδος Συντονισμός Ευελιξίας

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-AT-03

Το UC-AT-03 αξιολογεί τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να συντονιστεί η βιομηχανική ευελιξία μεταξύ ενός πιθανού μελλοντικού μηχανισμού ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ και των υφιστάμενων υπηρεσιών ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ. Η περίπτωση χρήσης βασίζεται στη βιομηχανική ευελιξία που προσδιορίζεται στο UC-AT-01 και στον πιθανό μελλοντικό μηχανισμό σε επίπεδο ΔΣΔ που διερευνάται στο UC-AT-02.

Η περίπτωση χρήσης δεν προϋποθέτει ότι οι κλάδοι θα συμμετέχουν άμεσα σε αγορές ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ. Η ευελιξία που διατίθεται στις επιμέρους βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να είναι πολύ μικρή για άμεση συμμετοχή και θα πρέπει να πληρούνται πρόσθετες απαιτήσεις πρόσβασης στην αγορά, συγκέντρωσης, τεχνικής και προεπιλογής. Ομοίως, ο μηχανισμός σε επίπεδο ΔΣΔ που εξετάζεται στην UC-AT-02 δεν υπάρχει επί του παρόντος στην Αυστρία.

Ως εκ τούτου, ένας σημαντικός στόχος του UC-AT-03 είναι να εξετάσει υπό ποιες προϋποθέσεις βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως το Gsellmann και το Fleischhof Raabtal θα μπορούσαν δυνητικά να συμμετέχουν σε υπηρεσίες ευελιξίας επιπέδου ΔΣΜ και πώς θα μπορούσε να οργανωθεί στην πράξη η συμμετοχή αυτή. Η περίπτωση χρήσης θα εξετάσει τις σχετικές τεχνικές, επιχειρησιακές απαιτήσεις, απαιτήσεις συγκέντρωσης και πρόσβασης στην αγορά και θα τις συγκρίνει με τα χαρακτηριστικά της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας.

Το UC-AT-03 είναι πρωτίστως μια εννοιολογική αξιολόγηση. Θα συγκρίνει τη διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία με επιλεγμένες απαιτήσεις σε επίπεδο ΔΣΔ και ΔΣΜ και θα εξετάσει πώς θα μπορούσε να δομηθεί η πιθανή συμμετοχή ή ο συντονισμός. Η αξιολόγηση θα βασίζεται σε σχετικές πληροφορίες για την αγορά, ανταλλαγή γνώσεων και αντιπροσωπευτικά σενάρια. Τα βιομηχανικά δεδομένα και τα εργαλεία ανάλυσης μπορούν να υποστηρίξουν την αξιολόγηση, αλλά δεν αποτελούν την πλήρη επιχειρησιακή διαδρομή της περίπτωσης χρήσης.

Το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι η αξιολόγηση της καταλληλότητας της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας για μηχανισμούς σε επίπεδο ΔΣΔ και ΔΣΜ, συμπεριλαμβανομένων των κατάλληλων επιλογών συμμετοχής και συντονισμού και των προϋποθέσεων που θα πρέπει να πληρούνται.

Πίνακας 31: Πιλοτικό πρόγραμμα #2 - UC-AT-03: Γενικές παράμετροι βασικής περίπτωσης χρήσης

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-AT-03 – Πολυεπίπεδος Συντονισμός Ευελιξίας
Σύντομη Περιγραφή	Από κοινού βελτιστοποίηση της παροχής βιομηχανικής ευελιξίας τόσο στον σχεδιασμένο μηχανισμό ευελιξίας των ΔΣΔ όσο και στις αγορές ευελιξίας των ΔΣΜ.
Στόχος / Σκοπός	Αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο η βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε ενδεχομένως να συντονιστεί μεταξύ ενός πιθανού μελλοντικού μηχανισμού ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ και των υφιστάμενων μηχανισμών ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ.
Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Βιομηχανική διαδικασία / λειτουργία δικτύου / αγορά
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Αξιολόγηση της καταλληλότητας της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας για μηχανισμούς ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ και ΔΣΜ, συμπεριλαμβανομένων εφικτών επιλογών για συντονισμένη κατανομή μεταξύ των δύο επιπέδων.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-AT-03

Το UC-AT-03 εξετάζει τα συνδυασμένα χαρακτηριστικά της ευελιξίας που διατίθεται στις δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι διαφορετικοί πόροι έχουν διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά και επομένως μπορεί να είναι κατάλληλοι για διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών ευελιξίας.

Η ευελιξία που βασίζεται στη διαδικασία εξαρτάται από τις τρέχουσες συνθήκες παραγωγής και γενικά μπορεί να παρέχεται μόνο εντός περιορισμένων χρονικών παραθύρων. Η διαθεσιμότητά του επηρεάζεται από τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής, τη συνέχεια της διαδικασίας, τις συνθήκες θερμοκρασίας και άλλες λειτουργικές απαιτήσεις. Η αποθήκευση της μπαταρίας μπορεί να προσφέρει μια πιο ελεγχόμενη απόκριση, ανάλογα με τη διαθέσιμη χωρητικότητα, την κατάσταση φόρτισης και τις συνθήκες λειτουργίας της.

Η αξιολόγηση θα διακρίνει τους διαθέσιμους πόρους ανάλογα με την ισχύ, τον χρόνο απόκρισης, τη διάρκεια, τη διαθεσιμότητα και τη δυνατότητα ελέγχου. Οι λειτουργικοί περιορισμοί των βιομηχανικών διεργασιών εξακολουθούν να ισχύουν σε όλες τις περιπτώσεις και καθορίζουν πόση ευελιξία θα μπορούσε δυνητικά να διατεθεί για χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ ή ΔΣΜ.

ΠΊΝΑΚΑΣ 32: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #2 - UC-AT-03: ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Παραγωγή ζωοτροφών – Gsellmann Mischfuttererzeugung; επεξεργασία κρέατος με συνεχή ψύξη – Fleischhof Raabtal
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Gsellmann: πρόσληψη σιτηρών, ξήρανση, άλεση, ανάμειξη, μεταφορά και λειτουργία σιλό. Fleischhof Raabtal: σφαγή και επεξεργασία κρέατος, ψυκτική αποθήκευση, συνεχής ψύξη, εξαερισμός και γραμμές επεξεργασίας.
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Gsellmann: φρεζάρισμα και λείανση και άλλα μετατοπιζόμενα φορτία παραγωγής, όπου αυτό είναι εφικτό. Fleischhof Raabtal: ψυκτικοί συμπιεστές και πρόψυξη κατεψυγμένων αποθηκευτικών χώρων, ψυκτικών θαλάμων και χώρων εργασίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας.
Κλίμακα ευελιξίας	Μεμονωμένο περιουσιακό στοιχείο / ιστότοπος
Επίπεδο ελέγχου	Υπάρχοντα συστήματα ελέγχου σε επίπεδο περιουσιακών στοιχείων και τοποθεσίας, που υποστηρίζονται από λειτουργίες διαχείρισης ενέργειας και διαχείρισης φορτίου.

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC-AT-03

Το UC-AT-03 εξετάζει έναν πιθανό μελλοντικό μηχανισμό ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΔ μαζί με τις υφιστάμενες υπηρεσίες ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ. Η σχετική συμμετοχή των ΔΣΜ και οι τεχνικές απαιτήσεις θα χρησιμοποιηθούν για να αξιολογηθεί υπό ποιες προϋποθέσεις η διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε να είναι κατάλληλη για τις εν λόγω υπηρεσίες.

Η μελέτη χρήσης θα εξετάσει επίσης πιθανές αλληλεπικαλύψεις μεταξύ της χρήσης σε επίπεδο ΔΣΔ και ΔΣΜ, καθώς η ίδια μετατόπιση φορτίου ή η ίδια δυναμικότητα αποθήκευσης δεν μπορεί να δεσμευτεί και για τα δύο επίπεδα ταυτόχρονα. Οι πιθανές επιλογές συντονισμού θα αξιολογηθούν με βάση την τεχνική καταλληλότητα, το χρονοδιάγραμμα και τους επιχειρησιακούς περιορισμούς. Η αξιολόγηση παραμένει θεωρητική και δεν προϋποθέτει πραγματική συμμετοχή των πιλοτικών εγκαταστάσεων στην αγορά.

ΠΊΝΑΚΑΣ 33: ΠΙΛΟΤΙΚΌ ΠΡΌΓΡΑΜΜΑ #2 - UC-AT-03: ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Βοηθητικές υπηρεσίες / διαχείριση συμφόρησης
Αγορά-στόχος	Εξισορρόπηση / πιθανή μελλοντική Τοπική Ευελιξία / ΔΣΔ-ΔΣΜ
Κατηγορία ενεργοποίησης	Πλέγμα / αίτημα
Επίπεδο ωριμότητας	Υφιστάμενο / μελλοντικό / προσομοιωμένο
Κύριος οδηγός τιμής	Υποστήριξη πλέγματος / έσοδα / μάθηση
Ροή εσόδων / οφελών	Βελτιωμένη χρήση της διαθέσιμης ευελιξίας / δυνητικής αμοιβής από την παροχή ευελιξίας

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ευέλικτες διαδικασίες παραγωγής, την αποθήκευση και τους σχετικούς λειτουργικούς περιορισμούς.

Fleischhof Raabtal: Παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ευελιξία της ψύξης και τις σχετικές απαιτήσεις ψυκτικής αλυσίδας, υγιεινής και παραγωγής.

EVON: Παρέχει πληροφορίες για τη βιομηχανική ενέργεια και τις διεργασίες και γνώση των υφιστάμενων δυνατοτήτων παρακολούθησης και ελέγχου.

EEE: Συντονίζει την περίπτωση χρήσης, διευκολύνει την ανταλλαγή εντός του αυστριακού πιλοτικού οικοσυστήματος και ενοποιεί τις συστάσεις που προκύπτουν.

Εταίροι του LEONARDO και του πιλοτικού οικοσυστήματος: Συνεισφέρουν γνώσεις σχετικά με τους μηχανισμούς ευελιξίας σε επίπεδο DSO και TSO, τις ρυθμίσεις συγκέντρωσης και τους σχετικούς όρους συμμετοχής.

Δυνητικός φορέας συγκέντρωσης, ΕΕΥπ ή πάροχος υπηρεσιών εξισορρόπησης: Αποτελεί πιθανό ενδιάμεσο φορέα για τη συγκέντρωση της βιομηχανικής ευελιξίας και τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε υπηρεσίες επιπέδου ΔΣΜ.

ΔΣΔ και ΔΣΜ: Αντιπροσωπεύουν τους παράγοντες του συστήματος και τις απαιτήσεις που λαμβάνονται υπόψη στη θεωρητική αξιολόγηση συντονισμού.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-AT-03

Η περίπτωση χρήσης θα εξετάσει τους σχετικούς μηχανισμούς ευελιξίας των ΔΣΜ και τους όρους συμμετοχής μαζί με τον πιθανό μελλοντικό μηχανισμό σε επίπεδο ΔΣΔ που εξετάζεται στο UC-AT-02.

Τα χαρακτηριστικά της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας θα συγκρίνονται με τις προσδιορισθείσες συνθήκες. Οι πληροφορίες πιλοτικής τοποθεσίας μπορούν να υποστηρίξουν την αξιολόγηση του κατά πόσον η ευελιξία θα μπορούσε δυνητικά να είναι κατάλληλη για χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ, σε επίπεδο ΔΣΜ ή και για τα δύο.

Όπου οι πιθανές χρήσεις αλληλεπικαλύπτονται, θα εξετάζονται πιθανές αρχές κατανομής και συντονισμού, λαμβάνοντας υπόψη την τεχνική καταλληλότητα, το χρονοδιάγραμμα και την επιχειρησιακή διαθεσιμότητα. Τα πορίσματα θα συζητηθούν με τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και το πιλοτικό οικοσύστημα και θα μεταφραστούν σε συστάσεις σχετικά με πιθανή συμμετοχή και συντονισμό.

ΠΊΝΑΚΑΣ 34: ΠΙΛΌΤΟΣ #2 - UC-AT-03: ΛΕΙΤΟΥΡΓΊΑ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Προσδιορισμός σχετικού μηχανισμού ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ για την αξιολόγηση της δυνητικής συμμετοχής των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Χαρακτηριστικά και λειτουργικοί περιορισμοί της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας· σχετικοί όροι συμμετοχής σε επίπεδο ΔΣΜ· χρονοδιάγραμμα και διαθεσιμότητα.
Λογική Απόφασης	Η διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία θα συγκριθεί με τους σχετικούς όρους σε επίπεδο ΔΣΜ. Στη συνέχεια θα αξιολογηθούν οι πιθανές επιλογές συμμετοχής και ο συντονισμός τους με πιθανή χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ.
Αναμενόμενη δράση	Προσδιορισμός και σύγκριση πιθανών επιλογών συμμετοχής και συντονισμού σε επίπεδο ΔΣΜ.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Αξιολόγηση της δυνητικής καταλληλότητας της διαθέσιμης βιομηχανικής ευελιξίας για μηχανισμούς επιπέδου ΔΣΜ, μαζί με συστάσεις για τον πιθανό συντονισμό της με τη χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ.

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί - UC-AT-03

Εμπλεκόμενα συστήματα: Βιομηχανικά συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου, η EVON ως κόμβος δεδομένων και σχετικές πηγές πληροφοριών για τους μηχανισμούς ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ.

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Δεδομένα βιομηχανικού φορτίου, φωτοβολταϊκών και αποθήκευσης, διαθέσιμη ευελιξία, επιχειρησιακοί περιορισμοί και σχετικοί όροι συμμετοχής σε επίπεδο ΔΣΜ. Κατά περίπτωση, εξετάζεται το ενδεχόμενο πιθανού συντονισμού με χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ.

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Η διαθεσιμότητα ευελιξίας εξαρτάται από την κατάσταση λειτουργίας των βιομηχανικών διεργασιών και τις απαιτήσεις παραγωγής και ψυκτικής αλυσίδας. Η ίδια ευελιξία δεν μπορεί να κατανέμεται ταυτόχρονα σε διαφορετικούς μηχανισμούς.

Περιορισμοί της αγοράς και κανονιστικοί περιορισμοί: Η συμμετοχή σε υφιστάμενους μηχανισμούς ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ εξαρτάται από τους ισχύοντες όρους πρόσβασης στην αγορά και συγκέντρωσης. Ως εκ τούτου, ο συντονισμός με πιθανή μελλοντική χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ θα αξιολογηθεί εννοιολογικά.

Κύριο σενάριο περίπτωσης χρήσης - UC-AT-03

Έναυσμα: Προσδιορίζεται σχετικός μηχανισμός ευελιξίας σε επίπεδο ΔΣΜ για την αξιολόγηση της δυνητικής συμμετοχής των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Αξιολόγηση: Η διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία και οι επιχειρησιακοί περιορισμοί της συγκρίνονται με τους σχετικούς όρους συμμετοχής σε επίπεδο ΔΣΜ. Κατά περίπτωση, εξετάζεται το ενδεχόμενο ενδεχόμενου συντονισμού με χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ.

Απόφαση: Προσδιορίζονται κατάλληλες επιλογές συμμετοχής και πιθανές αλληλεπικαλύψεις μεταξύ της χρήσης σε επίπεδο ΔΣΜ και ΔΣΔ. Αξιολογούνται πιθανές επιλογές συντονισμού, τηρουμένων των επιχειρησιακών περιορισμών των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Ενεργοποίηση: Οι επιλογές που προσδιορίζονται αντιπροσωπεύονται μέσω ενός σεναρίου εννοιολογικής συμμετοχής και συντονισμού.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Αξιολογείται η πιθανή καταλληλότητα και τα οφέλη των επιλογών που έχουν προσδιοριστεί. Η ανατροφοδότηση από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και το πιλοτικό οικοσύστημα υποστηρίζει τη διατύπωση συστάσεων για πιθανή μελλοντική συμμετοχή και πολυεπίπεδο συντονισμό ευελιξίας.

3.2.3 Πιλοτική Τοποθεσία #3: Βουλγαρο-Ελληνική Πιλοτική Εφαρμογή

Επισκόπηση περίπτωσης πιλοτικής χρήσης

Η πιλοτική περιοχή Βουλγαρίας-Ελλάδας είναι ένας διακρατικός βιομηχανικός συνεργατικός σχηματισμός που εκτείνεται σε δύο παρακείμενες και διασυνδεδεμένες περιοχές εξισορρόπησης: την περιοχή εξισορρόπησης της Σόφιας, την οποία διαχειρίζεται ο Βούλγαρος ΔΣΜ, ESO, και την περιοχή της Θεσσαλονίκης, την οποία διαχειρίζεται ο ΑΔΜΗΕ. Οι δύο περιοχές συνδέονται με τη διασυνοριακή διασύνδεση μεταφοράς Βουλγαρίας-Ελλάδας, η οποία είναι το φυσικό στοιχείο που

καθιστά δυνατή τη διασυνοριακή διάσταση του πιλοτικού προγράμματος. Η UPAT ενεργεί ως πιλοτικός συντονιστής τόσο για τη βουλγαρική όσο και για την ελληνική πλευρά.

Από τη βουλγαρική πλευρά, το πιλοτικό πρόγραμμα είναι δομημένο ως βιομηχανικό σύμπλεγμα με επικεφαλής τη STOMANA Industry και περιλαμβάνει περαιτέρω τη SofiaMed και την ETEM Gestamp, συγκεντρώνοντας διαδικασίες έντασης ηλεκτρικής ενέργειας από τους τομείς επεξεργασίας χάλυβα, χαλκού και αλουμινίου. Η STOMANA Industry, ένας κορυφαίος κατασκευαστής χάλυβα του οποίου το εργοστάσιο περιλαμβάνει τέσσερις κύριες περιοχές παραγωγής (εργοστάσιο τήξης, ελασματουργείο, ελασματουργείο και σφαιρουργείο), κατατάσσεται μεταξύ των πέντε μεγαλύτερων καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας της Βουλγαρίας. Η STOMANA συνδέεται σε εξαιρετικά υψηλή τάση και λειτουργεί εγκαταστάσεις EMS της Schneider Electric. Συμμετέχει άμεσα στις βουλγαρικές αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και ενδοημερήσιας ενέργειας που διαχειρίζεται η IBEX, ενεργώντας ως δικό της Balance Responsible Party (BRP), και στο πλαίσιο του πιλοτικού προγράμματος αναλαμβάνει επιπλέον το ρόλο του φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης ευελιξίας για το βουλγαρικό βιομηχανικό σύμπλεγμα του οποίου ηγείται. Η SofiaMed συνεισφέρει διεργασίες χυτηρίου, έλασης και διέλασης στο πλαίσιο των εργασιών επεξεργασίας χαλκού, υποστηριζόμενη από την παρακολούθηση της ενέργειας σε επίπεδο τοποθεσίας και διεργασίας. Η ETEM Gestamp συνεισφέρει φορτία διέλασης αλουμινίου και κατάντη επεξεργασίας και επιτόπια παραγωγή φωτοβολταϊκών, ενώ λειτουργεί στην υποδομή Schneider EMS.

Από ελληνικής πλευράς, το πιλοτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει το Βιομηχανικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης HELLENiQ ENERGY, ένα διυλιστήριο υδρο-αποκορύφωσης που εκτελεί μια συνεχή διαδικασία διύλισης που ξεκινά με απόσταξη αργού πετρελαίου και συνεχίζεται μέσω δευτερογενούς επεξεργασίας και υδροεπεξεργασίας, μαζί με τη σχετική παραγωγή πετροχημικών. Το συγκρότημα είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο μεταφοράς του ΑΔΜΗΕ, λειτουργεί συστήματα Powernet και Protasis Zenon EMS και διαθέτει εκτεταμένη βάση τηλεμετρίας. Συμμετέχει στις ελληνικές αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και ενδοημερήσιας ενέργειας που διαχειρίζεται το ΕΧΕ μέσω φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης και όχι απευθείας.

Η συμφωνία επιχορήγησης (ΓΣ) ορίζει δύο περιπτώσεις χρήσης για το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας: μια περίπτωση χρήσης ομαδοποίησης εντός συνόρων που περιορίζεται στη βουλγαρική πλευρά (GA-UC#1) και μια διασυνοριακή περίπτωση χρήσης ομαδοποίησης βιομηχανικής ευελιξίας που καλύπτει και τις δύο περιοχές εξισορρόπησης (GA-UC#2). Σε αντίθεση με το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα, η Βουλγαρο-Ελληνική κοινοπραξία διατήρησε την αρχική δομή των δύο περιπτώσεων χρήσης χωρίς αναδιάρθρωση, καθώς οι δύο περιπτώσεις χρήσης αντιστοιχούν ήδη σε δύο διακριτές και συμπληρωματικές περιμέτρους συστήματος και η δεύτερη βασίζεται άμεσα στην πρώτη. Ωστόσο, οι εργασίες μοντελοποίησης που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του T2.3 ενίσχυσαν το εύρος της αγοράς και των δύο περιπτώσεων χρήσης υπό το πρίσμα των ρόλων της αγοράς που κατέχουν στην πραγματικότητα οι συμμετέχοντες κλάδοι και των στοιχείων που διατίθενται μέσω της πιλοτικής έρευνας. Η αντιστοίχιση με τις αρχικές περιπτώσεις χρήσης GA έχει ως εξής:

- **UC-BGGR-01 –** Συγκέντρωση βιομηχανικής ευελιξίας εντός των συνόρων της Βουλγαρίας: καλύπτει τη διάσταση της ομαδοποίησης εντός συνόρων ούτε το σύνολο εντός συνόρων ούτε το διασυνοριακό σύνολο του GA-UC#1. Η ΓΣ προέβλεπε συμμετοχή στη βουλγαρική χονδρική

αγορά ενέργειας και εφεδρειών, με τη STOMANA να ενεργεί τόσο ως BRP όσο και ως BSP. Το μοντελοποιημένο Use Case διατηρεί τη συμμετοχή στη βουλγαρική αγορά επόμενης ημέρας, αλλά περιορίζει τη διάσταση εξισορρόπησης στην αγορά ενέργειας εξισορρόπησης, με τη STOMANA να ενεργεί ως BRP. Η συμμετοχή ως BSP στην αγορά εφεδρικής ισχύος δεν εξετάζεται σε αυτό το στάδιο, καθώς θα απαιτούσε προεπιλογή του συγκεντρωτικού συμπλέγματος που δεν υπάρχει επί του παρόντος. Πρόκειται για σκόπιμη μείωση προς αυτό που μπορεί να μοντελοποιηθεί και να αξιολογηθεί αξιόπιστα με βάση τη διαθέσιμη βάση αποδεικτικών στοιχείων, και όχι για μείωση της συνολικής πιλοτικής φιλοδοξίας.

- **UC-BGGR-02 – Η συνολική διασυνοριακή βιομηχανική ευελιξία BG/GR** καλύπτει το GA-UC#2. Η ΓΣ περιγράφει ένα σενάριο στο οποίο η ευελιξία του βουλγαρικού cluster συμμετέχει σιωπηρά, δηλαδή χωρίς κεντρική πλατφόρμα, στην ελληνική αγορά εξισορρόπησης που διαχειρίζεται ο ΑΔΜΗΕ μέσω του πιστοποιημένου φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης ευέλικτης ΔΕΗ, αξιοποιώντας το περιθώριο που απομένει στις γραμμές διασύνδεσης, δεδομένου ότι η εκκαθάριση της ελληνικής αγοράς εφεδρειών ακολουθεί την εκκαθάριση της αγοράς επόμενης ημέρας. Το μοντελοποιημένο Use Case διατηρεί αυτό το σενάριο και το επεκτείνει σε μια συγκριτική αξιολόγηση: οι προσφορές βελτιστοποιούνται για τις αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης και στις δύο πλευρές των συνόρων, έτσι ώστε το δυναμικό αρμπιτράζ μεταξύ αγορών και η αξία του διαθέσιμου περιθωρίου διασύνδεσης να ποσοτικοποιούνται και όχι να υποτίθενται.

Και στις δύο περιπτώσεις χρήσης, η πλατφόρμα iFAAP χρησιμεύει ως η κοινή τεχνολογική ραχοκοκαλιά, που βρίσκεται πάνω από το βιομηχανικό επίπεδο EMS στις δύο πιλοτικές τοποθεσίες. Και οι δύο περιπτώσεις χρήσης βασίζονται στην ίδια μεθοδολογία χαρακτηρισμού ευελιξίας, στην οποία κάθε βιομηχανική διαδικασία αντιστοιχίζεται σε ένα αρχέτυπο ευελιξίας, κλάση και υποτύπο και το προκύπτον λειτουργικό περίβλημα χρησιμοποιείται ως ο περιορισμός που τίθεται για τη βελτιστοποίηση. Και οι δύο εξαρτώνται επίσης από τους προληπτικούς μηχανισμούς πρόβλεψης ζήτησης και ευελιξίας που αναπτύχθηκαν στο T4.1 και από την πρόβλεψη των τιμών της αγοράς ενέργειας και της χρήσης ευελιξίας που αναπτύχθηκαν στο T4.2, και οι δύο υπό την ηγεσία της UPAT. Το επίπεδο ωριμότητας και των δύο περιπτώσεων χρήσης ταξινομείται ως μελλοντικό: ούτε το διασυνοριακό ούτε το διασυνοριακό σύνολο λειτουργεί επί του παρόντος ως συγκεντρωτική οντότητα υποβολής προσφορών και, ως εκ τούτου, το πιλοτικό πρόγραμμα θα τα αξιολογήσει μέσω μοντελοποίησης και προσομοίωσης που βασίζονται σε δεδομένα μετρούμενων εγκαταστάσεων.

ΠΊΝΑΚΑΣ 35: ΠΙΛΌΤΟΣ #3 – ΕΠΙΣΚΌΠΗΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Αναγνωριστικό UC	Τίτλος περίπτωσης χρήσης	Κύρια εστίαση
UC-BGGR-01	Συγκεντρωτική βιομηχανική ευελιξία εντός των συνόρων της Βουλγαρίας	Συγκέντρωση της ευελιξίας του συνεργατικού σχηματισμού STOMANA εντός της περιοχής εξισορρόπησης της Σόφιας και χάραξη στρατηγικής προσέγγισης υποβολής προσφορών για τις βουλγαρικές αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και εξισορρόπησης μέσω iFAAP, με το

		STOMANA να ενεργεί ως φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης και BRP
UC-BGGR-02	Συγκεντρωτική διασυνοριακή βιομηχανική ευελιξία BG/GR	Αξιολόγηση της σκοπιμότητας και της αξίας της συνάθροισης του cluster STOMANA μαζί με την HELLENiQ ENERGY στις περιοχές εξισορρόπησης ESO και ΑΔΜΗΕ, αξιοποιώντας το διαθέσιμο περιθώριο διασύνδεσης BG–GR και ποσοτικοποιώντας το δυναμικό αρμπιτράζ μεταξύ αγορών

3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Συγκεντρωτική βιομηχανική ευελιξία εντός των συνόρων της Βουλγαρίας

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-01

Το UC-BGGR-01 είναι το θεμελιώδες Use Case του πιλοτικού προγράμματος Βουλγαρίας-Ελλάδας. Στόχος του είναι να συγκεντρώσει τη βιομηχανική ευελιξία που είναι διαθέσιμη στο πλαίσιο του βουλγαρικού συμπλέγματος εντός συνόρων με επικεφαλής τη βιομηχανία STOMANA και να βελτιστοποιήσει τη χρήση του μέσω της πλατφόρμας iFAAP, προκειμένου να σχεδιαστεί μια στρατηγική προσέγγιση υποβολής προσφορών για τις βουλγαρικές αγορές χονδρικής ενέργειας και ενέργειας εξισορρόπησης. Το Use Case λειτουργεί εξ ολοκλήρου εντός της περιοχής εξισορρόπησης της Σόφιας και ως εκ τούτου περιλαμβάνει έναν ενιαίο ΔΣΜ, ένα περιβάλλον ενιαίας αγοράς και ένα ενιαίο σύνολο κανόνων εθνικής αγοράς, γεγονός που το καθιστά απλούστερο από τα δύο Use Cases και τη φυσική βάση πάνω στην οποία βασίζεται το διασυνοριακό Use Case UC-BGGR-02. Το κεντρικό τεχνικό ερώτημα που εξετάζεται είναι σε ποιο βαθμό μπορεί να μετατοπιστεί ή να μειωθεί η διάρκεια και ο χρόνος των ενεργοβόρων διαδικασιών παραγωγής, επιτυγχάνοντας παράλληλα μια ισορροπία μεταξύ της ταχύτητας και της επιτακτικής ανάγκης για την ποιότητα των προϊόντων και την ασφάλεια των εγκαταστάσεων. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι μια τεκμηριωμένη αξιολόγηση του ποιες διαδικασίες είναι πραγματικά ευέλικτες και σε ποιο βαθμό, μαζί με μια επικυρωμένη προσέγγιση συγκέντρωσης και υποβολής προσφορών που σέβεται αυτούς τους περιορισμούς της διαδικασίας.

ΠΊΝΑΚΑΣ 36: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - UC-BGGR-0: ΓΕΝΙΚΈΣ ΠΑΡΆΜΕΤΡΟΙ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-BGGR-01 — Συγκεντρωτική βιομηχανική ευελιξία εντός των συνόρων της Βουλγαρίας
Σύντομη Περιγραφή	Συγκέντρωση των βιομηχανικών φορτίων και περιουσιακών στοιχείων του cluster STOMANA για συμμετοχή στις βουλγαρικές αγορές χονδρικής ενέργειας και εξισορρόπησης.
Στόχος / Σκοπός	Βελτιστοποίηση της συνολικής βουλγαρικής βιομηχανικής ευελιξίας μέσω του iFAAP και ανάπτυξη στρατηγικής προσέγγισης υποβολής προσφορών για τις βουλγαρικές αγορές χονδρικής και εξισορρόπησης (στην τελευταία, θα

	λαμβάνεται υπόψη μόνο η συμμετοχή στην αγορά ενέργειας εξισορρόπησης ως BRP).
Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	Βιομηχανικές διεργασίες / τοποθεσία EMS / πλατφόρμα συγκέντρωσης / βουλγαρικό σύστημα μεταφοράς / αγορές χονδρικής και εφεδρείας.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Τεκμηριωμένη αξιολόγηση ευέλικτων διαδικασιών και επικυρωμένη προσέγγιση συγκέντρωσης/υποβολής προσφορών που σέβεται τους περιορισμούς ποιότητας και ασφάλειας της παραγωγής.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-BGGR-01

Το Use Case υλοποιείται σε τρία βιομηχανικά περιβάλλοντα έντασης ηλεκτρικής ενέργειας. Το δυναμικό ευελιξίας του συμπλέγματος κυριαρχείται από τη μονάδα τήξης STOMANA, όπου το σκραπ μετατρέπεται σε τηγμένο χάλυβα μέσω δύο καμίνων ηλεκτρικού τόξου φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης του βουλγαρικού συμπλέγματος (που αναφέρονται ως EAF 1 στα 120 MVA και EAF 3 στα 75 MVA), δύο κλιβάνους κάδου (LF 1 και LF 2, 18 MVA η καθεμία), τις μηχανές συνεχούς χύτευσης (περίπου 5 MVA) και έναν απαερωτήρα κενού (περίπου 1 MW). Η ελασματουργική, το ελασματουργείο και ο μύλος με σφαιρίδια ολοκληρώνουν την αλυσίδα διεργασιών STOMANA. Αυτές οι διαδικασίες θεωρούνται ευέλικτες επειδή είναι τύπου παρτίδας: κάθε θερμότητα αντλεί μια μεγάλη, ουσιαστικά σταθερή ισχύ για μια περιορισμένη περίοδο και μπορεί καταρχήν να ξεκινήσει νωρίτερα ή αργότερα στο πλαίσιο του σχεδίου παραγωγής χωρίς να μεταβάλλεται η συνολική απαιτούμενη ενέργεια. Η SofiaMed συνεισφέρει τρεις ομάδες επεξεργασίας χαλκού έντασης ηλεκτρικής ενέργειας: χυτήριο (αιχμή 7 MW, ~34 GWh/έτος), έλαση (~9MW, ~42 GWh/έτος) και διέλαση (~2 MW, ~10 GWh/έτος). Και οι τρεις προσδιορίζονται ως επαναπρογραμματιζόμενες διεργασίες και ως εκ τούτου η ευελιξία τους έγκειται στη δυνατότητα προσαρμογής του χρόνου λειτουργίας τους, ικανοποιώντας παράλληλα τις απαιτήσεις παραγωγής. Η ETEM Gestamp συνεισφέρει στη διέλαση αλουμινίου (~3,39 MW, 15,57 GWh/έτος), στη δευτερογενή επεξεργασία (1 MW, 4,5 GWh/έτος) και σε μια πρόσθετη ομάδα βιομηχανικών διεργασιών (0,8 MW, 0,6 GWh/έτος), όλες ταξινομημένες ως επαναπρογραμματιζόμενες, σταθερής ισχύος διεργασίες και παρακολουθούνται σε ανάλυση 15 λεπτών. Η ευελιξία τους αναμένεται κυρίως από τη μετατόπιση ή τη διακοπή της λειτουργίας τους εντός των επιτρεπόμενων ορίων που επιβάλλονται από το χρονοδιάγραμμα παραγωγής, παρά από τη μεταβολή της ισχύος λειτουργίας τους. Συνολικά, σχηματίζεται ένα ετερογενές χαρτοφυλάκιο πόρων βιομηχανικής ευελιξίας, το οποίο εκτείνεται σε μεγάλα φορτία παραγωγής χάλυβα κατά παρτίδες και διεργασίες επεξεργασίας και εξώθησης μετάλλων χαμηλότερης κλίμακας. Όπως αναφέρεται στην ενότητα 2.2.3, η έρευνα εντοπίζει τέσσερα ευέλικτα περιουσιακά στοιχεία ή ομάδες διεργασιών στη STOMANA, όλα ταξινομημένα στο αρχέτυπο Reschedulable process (Κλάση Α) με τον υποτύπο Διακοπτόμενη, σταθερή διεργασία ισχύος:

- **Τήξη σκραπ (κάμινοι βολταϊκού τόξου):** 195 MVA εγκατεστημένα, 205,08 GWh/έτος, 107 MW μη συμπίπτον φορτίο αιχμής, αιχμή κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- **Δευτερογενής μεταλλουργία (κλίβανοι κάδου):** 36 MVA εγκατεστημένα, 26,53 GWh/έτος, 34,8 MW φορτίο αιχμής, αιχμή κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- **Υπόλοιπο μεταλλουργείου (χύτευση):** 13 MVA εγκατεστημένα, εκ των οποίων περίπου 5 MVA αντιστοιχούν στη διαδικασία χύτευσης, 22,59 GWh/έτος, 11,3 MW φορτίο αιχμής, αιχμής κατά τη διάρκεια της ημέρας. Από το συνολικό φορτίο του υπολοίπου του μεταλλουργείου, μόνο η διαδικασία χύτευσης θεωρείται ικανή να παρέχει ευελιξία.
- **Μονάδες φιλτραρίσματος:** 17 MVA εγκατεστημένες, 18,4 GWh/έτος, 14,4 MW φορτίο αιχμής, αιχμή τη νύχτα.

Η ισχύς του κινητήρα των επιμέρους μονάδων μονάδας τήξης επιβεβαιώνεται, αλλά η ευέλικτη χωρητικότητα, ο χρόνος κατά τον οποίο μπορεί να προσφερθεί και η διαθεσιμότητά της εξακολουθούν να εξαρτώνται από την επικύρωση των ορίων της διαδικασίας και καθορίζονται στο πλαίσιο του πιλοτικού προγράμματος. Ο κυρίαρχος περιορισμός σε όλα τα στοιχεία ενεργητικού είναι το σύνολο των ορίων διεργασίας που είναι εγγενή στη χαλυβουργία, σε συνδυασμό με το χρονοδιάγραμμα παραγωγής και με τις απαιτήσεις ποιότητας, ασφάλειας και συντήρησης. Η ευελιξία ελέγχεται στο επίπεδο του βιομηχανικού EMS, ενώ ο συντονισμός πραγματοποιείται σε επίπεδο συστάδων. Οι λεπτομερείς ρυθμίσεις της αρχής αυτοματισμού και ελέγχου εξακολουθούν να απαιτούν επικύρωση από εταίρο.

Στη SofiaMed, η έρευνα προσδιορίζει τρεις κύριες ομάδες διεργασιών έντασης ηλεκτρικής ενέργειας ως επαναπρογραμματιζόμενα φορτία:

- **Χυτήριο:** 33,88 GWh/έτος, φορτίο αιχμής 7,01 MW, κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- **Κυλιόμενα:** 41,83 GWh/y, φορτίο αιχμής 8,77 MW, κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- **Εξώθηση:** 9,74 GWh/έτος, φορτίο αιχμής 1,76 MW, κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Ως εκ τούτου, η συμβολή του SofiaMed συγκεντρώνεται σε τρία διαδοχικά στάδια επεξεργασίας χαλκού με διαφορετικές ηλεκτρικές κλίμακες, με την έλαση να αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μερίδιο της αναφερόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ακολουθούμενη από το χυτήριο και την εξώθηση. Η ταξινόμησή τους ως επαναπρογραμματιζόμενες διεργασίες δείχνει ότι η ευελιξία αναμένεται να προκύψει κυρίως από το χρονοδιάγραμμα και την αλληλουχία των παραγωγικών δραστηριοτήτων.

Στην ETEM Gestamp, η έρευνα προσδιορίζει τρεις ομάδες διεργασιών κάτω από το αρχέτυπο Reschedulable process (Class A), με τον υποτύπο Interruptible, fixed power process:

- **Διέλαση αλουμινίου:** 15,57 GWh/έτος, παρατηρούμενο φορτίο αιχμής 3,39 MW.
- **Δευτερογενής επεξεργασία:** 4,47 GWh/έτος, παρατηρούμενο φορτίο αιχμής 1,01 MW.
- **Πρόσθετη ομάδα βιομηχανικών διεργασιών:** 0,56 GWh/έτος, παρατηρούμενο φορτίο αιχμής 0,82 MW.

Το προφίλ ευελιξίας εδώ επικεντρώνεται στα φορτία διέλασης αλουμινίου και κατάντη επεξεργασίας, των οποίων η ζήτηση ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα παραγωγής. Οι παρεχόμενες μετρήσεις δείχνουν περιόδους μειωμένης φόρτωσης διεργασιών, υποδεικνύοντας ότι η διαθεσιμότητα των περιουσιακών στοιχείων συνδέεται στενά με την κατάσταση λειτουργίας των γραμμών παραγωγής. Σε αντίθεση με τη SofiaMed, η ETEM λειτουργεί επίσης 4 MW επιτόπιας παραγωγής φωτοβολταϊκών, εισάγοντας μια πρόσθετη διάσταση

συντονισμού μεταξύ της ζήτησης παραγωγής και της τοπικής παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

ΠΊΝΑΚΑΣ 37: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - UC-BGGR-01 ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Βιομηχανικός Τομέας	Χαλυβουργία (χαλυβουργία ηλεκτρικού τόξου), επεξεργασία χαλκού και αλουμινίου.
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Μονάδα τήξης STOMANA (αναφερόμενες μονάδες: EAF 1 120 MVA, EAF 3 75 MVA, LF 1 18 MVA, LF 2 18 MVA, τροχίσκοι 5 MW και VD ~1 MW), ελασματουργείο, ελασματουργείο και σφαιρουργείο. Χυτήριο SofiaMed ~7MW, έλαση ~9MW και διεργασίες διέλασης ~2MW. Διέλαση αλουμινίου ETEM ~3MW και άλλες διεργασίες ~2MW.
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Οι υποψήφιες πηγές ευελιξίας περιλαμβάνουν τις αναφερόμενες μονάδες STOMANA EAF/LF, χύτευσης, VD και φιλτραρίσματος. τις διεργασίες χυτηρίου, έλασης και εξώθησης SofiaMed. και τα φορτία εξώθησης αλουμινίου και δευτερογενούς επεξεργασίας ETEM Gestamp. Οι αντίστοιχες έρευνες προσδιορίζουν αυτές τις διαδικασίες ως επαναπρογραμματιζόμενες/διακοπτόμενες, ενώ η πραγματική ευέλικτη χωρητικότητα, ο χρονισμός και η διάρκεια εξακολουθούν να υπόκεινται σε επικύρωση σε επίπεδο διαδικασίας.
Κλίμακα ευελιξίας	Βιομηχανικός συνεργατικός σχηματισμός πολλαπλών τοποθεσιών (συγκεντρωτικός πίσω από το STOMANA εντός της περιοχής εξισορρόπησης της Σόφιας).
Επίπεδο ελέγχου	Βιομηχανικό EMS με συντονισμένη συγκέντρωση. Η λεπτομερής αρχή αυτοματισμού/ελέγχου απαιτεί επικύρωση συνεργάτη.

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC-BGGR-01

Το UC-BGGR-01 αντιμετωπίζει δύο κατηγορίες μηχανισμών στο περιβάλλον της βουλγαρικής αγοράς: χονδρική ενέργεια μέσω της αγοράς επόμενης ημέρας που διαχειρίζεται η IBEX και ενέργεια εξισορρόπησης μέσω της αγοράς που διαχειρίζεται η ESO, με τη STOMANA να ενεργεί ως δικό της Balance Responsible Party. Η δυναμικότητα ισχύος της STOMANA δικαιολογεί αυτόν τον ρόλο και η εγκατάσταση συμμετέχει ήδη άμεσα στις βουλγαρικές αγορές επόμενης ημέρας και στις ενδοημερήσιες αγορές, πράγμα που σημαίνει ότι η Use Case βασίζεται σε μια υπάρχουσα θέση στην αγορά αντί να δημιουργεί μια νέα. Αυτό που είναι νέο είναι η συγκέντρωση της ευελιξίας του cluster πίσω από αυτή τη θέση και η συστηματική βελτιστοποίηση των προσφορών που προκύπτουν. Η συμμετοχή ως BSP στην αγορά εφεδρικής ισχύος δεν εξετάζεται σε αυτό το στάδιο. Το Use Case ενεργοποιείται από τα σήματα της αγοράς και τις προβλέψεις τιμών και όχι από έναν περιορισμό του δικτύου, και η πρόταση αξίας του είναι αντίστοιχα οικονομική: μείωση του συνδυασμένου κόστους ενέργειας και ηλεκτρικής ενέργειας εξισορρόπησης του συγκεντρωτικού cluster διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα και την ασφάλεια της παραγωγής, με πρόσθετη μαθησιακή αξία σχετικά με το ρεαλιστικό κέλυφος ευελιξίας της βιομηχανίας επεξεργασίας

βαρέων μετάλλων. Το επίπεδο ληκτότητας ταξινομείται ως Μελλοντικό, καθώς το σύμπλεγμα δεν έχει ακόμη λειτουργήσει ως συγκεντρωτική οντότητα υποβολής προσφορών.

ΠΊΝΑΚΑΣ 38: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - UC-BGGR-01 ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Χονδρική αγορά ενέργειας (αγορά επόμενης ημέρας) / Αγορά ενέργειας εξισορρόπησης (ως BRP).
Αγορά-στόχος	Βουλγαρική αγορά επόμενης ημέρας που διαχειρίζεται η IBEX / Βουλγαρική αγορά ενέργειας εξισορρόπησης που διαχειρίζεται η ESO.
Κατηγορία ενεργοποίησης	Σήμα αγοράς / πρόβλεψη / αίτημα συγκέντρωσης.
Επίπεδο ωριμότητας	Future (το σύμπλεγμα δεν λειτουργεί ακόμη ως συγκεντρωτική οντότητα υποβολής προσφορών· η περίπτωση χρήσης αξιολογείται μέσω μοντελοποίησης και προσομοίωσης σε δεδομένα παραληφθείσας μονάδας).
Κύριος οδηγός τιμής	Βελτιστοποίηση εσόδων / κόστους / συμμετοχή στην αγορά / μάθηση.
Ροή εσόδων / οφελών	Μείωση του συνολικού (ενεργειακού και εξισορροπητικού) κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του βιομηχανικού cluster, που επιτυγχάνεται με τη μετατόπιση της ζήτησης σε περιόδους χαμηλότερων τιμών και με τη βελτίωση της θέσης εξισορρόπησης του cluster.

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-01

STOMANA: Βιομηχανικός χώρος και φορέας συγκέντρωσης συνεργατικών σχηματισμών της Βουλγαρίας. Παρέχει τις διεργασίες του μεταλλουργείου και του μύλου που αποτελούν τη διαθέσιμη ευελιξία, ενεργεί ως οντότητα συγκέντρωσης για το διασυνοριακό cluster και κατέχει το ρόλο του BRP μέσω του οποίου εκφράζεται η συγκεντρωτική θέση στις βουλγαρικές αγορές.

ESO: Διαχειριστής συστήματος μεταφοράς της Βουλγαρίας και διαχειριστής της περιοχής εξισορρόπησης της Σόφιας. Καθορίζει το πλαίσιο της αγοράς εξισορρόπησης και τους κανόνες που ισχύουν για τα BRP εντός των οποίων λειτουργεί το συγκεντρωτικό σύμπλεγμα.

iFAAP και πάροχοι τεχνολογίας: Πρόβλεψη, συγκέντρωση και βελτιστοποίηση της ευελιξίας του συμπλέγματος. Εντός της πλατφόρμας, η ευθύνη κατανέμεται μεταξύ των στοιχείων πρόβλεψης ζήτησης και τιμών, που αναπτύχθηκαν από την UPAT σύμφωνα με τα T4.1 και T4.2, τα οποία παράγουν τις προβλέψεις ζήτησης και τιμών αγοράς την επόμενη ημέρα, και του στοιχείου συγκέντρωσης ευελιξίας ζήτησης, που αναπτύχθηκε από την CARTIF, το οποίο χαρακτηρίζει τη διαθέσιμη ευελιξία μέσω αρχετύπων και αντλεί τις βέλτιστες προσφορές ενέργειας επόμενης ημέρας και εξισορρόπησης.

Βιομηχανικό EMS: Παρέχει την ενοποίηση δεδομένων και ελέγχου βιομηχανικού επιπέδου, εκθέτοντας τη μετρούμενη κατανάλωση και την κατάσταση της διαδικασίας στο iFAAP και αναμεταδίδοντας τα χρονοδιαγράμματα που προκύπτουν πίσω στη μονάδα.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-01

Το UC-BGGR-01 ξεκινά από τη διαθεσιμότητα προβλέψεων των βουλγαρικών τιμών επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης για την επόμενη ημέρα παράδοσης, που παράγονται από τα στοιχεία πρόβλεψης ζήτησης και τιμών του iFAAP που αναπτύχθηκε από την UPAT. Αυτές οι προβλέψεις συνδυάζονται με προβλέψεις ζήτησης εγκαταστάσεων και διεργασιών και με χαρακτηρισμό της διαθέσιμης ευελιξίας που εκφράζεται μέσω του αρχέτυπου πλαισίου, μαζί με τους λειτουργικούς περιορισμούς που κοινοποιούνται από το σύμπλεγμα για την επόμενη ημέρα, οι οποίοι περιλαμβάνουν προγραμματισμένη συντήρηση και διακοπή λειτουργίας. Σε αυτή τη βάση, η συνιστώσα συγκέντρωσης ευελιξίας ζήτησης του iFAAP, που αναπτύχθηκε από την CARTIF, ενεργώντας μαζί με τον φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης συμπλέγματος, καθορίζει τη βέλτιστη στρατηγική υποβολής προσφορών: πρώτα επινοεί τις προσφορές επόμενης ημέρας για το συγκεντρωτικό βουλγαρικό σύμπλεγμα και στη συνέχεια εξάγει τις προσφορές ενέργειας εξισορρόπησης, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση που έχει ήδη ληφθεί στην αγορά επόμενης ημέρας. Ως εκ τούτου, η αναμενόμενη ενέργεια είναι η διαμόρφωση και η υποβολή ενός συνεκτικού συνόλου συγκεντρωτικών προσφορών στα δύο χρονικά πλαίσια της αγοράς και το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι ότι αυτές οι προσφορές προσφέρονται και, όπου γίνονται αποδεκτές, παραδίδονται χωρίς να διακυβεύεται η ποιότητα και η ασφάλεια της παραγωγής.

ΠΊΝΑΚΑΣ 39: ΠΙΛΌΤΟΣ #3 - UC-BGGR-01 ΛΕΙΤΟΥΡΓΊΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Πρόβλεψη της βουλγαρικής αγοράς επόμενης ημέρας και των τιμών ενέργειας εξισορρόπησης.
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Προβλέψεις ζήτησης εγκαταστάσεων και διεργασιών· χαρακτηρισμός ευελιξίας μέσω αρχετύπων· προβλέψεις τιμών αγοράς· λειτουργικοί περιορισμοί επόμενης ημέρας των σχετικών αρχετύπων (συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης και των προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας).
Λογική Απόφασης	iFAAP / cluster aggregator, με πρόβλεψη ζήτησης και τιμών που παρέχεται από την UPAT και συγκέντρωση ευελιξίας ζήτησης από την CARTIF. Η πλατφόρμα βελτιστοποιεί τη συγκεντρωτική ευελιξία σε σχέση με τις προβλεπόμενες τιμές που υπόκεινται στα αρχέτυπα λειτουργικά κελύφη και ο φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης επιβεβαιώνει την προκύπτουσα στρατηγική υποβολής προσφορών στην ικανότητά του BRP.
Αναμενόμενη δράση	Σχεδιάστε προσφορές αγοράς επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης για το συγκεντρωτικό βουλγαρικό σύμπλεγμα.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Προσφέρονται συγκεντρωτικές προσφορές διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα και την ασφάλεια της παραγωγής.

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί - UC-BGGR-01

Εμπλεκόμενα συστήματα: εγκαταστάσεις EMS της Schneider Electric στο STOMANA και στο ETEM Gestamp και το EMS που αναφέρει η SofiaMed, βιομηχανικά συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου, η πλατφόρμα συγκέντρωσης και βελτιστοποίησης iFAAP και οι διεπαφές με τις πλατφόρμες της βουλγαρικής αγοράς (IBEX για την επόμενη ημέρα, ESO για την ενέργεια εξισορρόπησης).

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Προβλέψεις ζήτησης εγκαταστάσεων και διεργασιών, χαρακτηρισμός ευελιξίας μέσω αρχετύπων, προβλέψεις τιμών αγοράς για τις αγορές ενέργειας επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης στη Βουλγαρία, μετρούμενη κατανάλωση σε ανάλυση 15 λεπτών μαζί με τις αντίστοιχες ιστορικές σειρές.

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Λειτουργικοί περιορισμοί των σχετικών αρχετύπων, ιδίως ο διακοπτόμενος χαρακτήρας σταθερής ισχύος των διεργασιών του μεταλλουργείου, τα όρια της διαδικασίας, το χρονοδιάγραμμα παραγωγής, η ποιότητα των προϊόντων, η ασφάλεια των εγκαταστάσεων και οι περιορισμοί συντήρησης. Από το φορτίο ανάπαυσης του μεταλλουργείου, μόνο η διαδικασία χύτευσης θεωρείται ευέλικτη. Τα δεδομένα ανακτώνται επί του παρόντος με χειροκίνητη εξαγωγή, γεγονός που περιορίζει τον επιτεύξιμο βαθμό αυτοματοποίησης έως ότου δημιουργηθεί μια αυτοματοποιημένη διεπαφή.

Περιορισμοί της αγοράς και κανονιστικοί περιορισμοί: Κανόνες της βουλγαρικής αγοράς που ισχύουν για τα BRP. Η συμμετοχή στην αγορά εφεδρικής ισχύος ως BSP δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της μοντελοποιημένης περίπτωσης χρήσης.

Σενάριο περίπτωσης κύριας χρήσης - UC-BGGR-01

Ενεργοποίηση: Για την επόμενη ημέρα παράδοσης, οι λειτουργικοί περιορισμοί των σχετικών αρχετύπων, συμπεριλαμβανομένης της προγραμματισμένης συντήρησης και των διακοπών λειτουργίας, καθίστανται διαθέσιμοι (βήμα 1). Στη συνέχεια, οι προβλέψεις ζήτησης καθώς και οι τιμές ενέργειας και εξισορρόπησης για τη βουλγαρική αγορά παράγονται από τα στοιχεία πρόβλεψης ζήτησης και τιμών του iFAAP, που αναπτύχθηκε από την UPAT (βήμα 2).

Αξιολόγηση: Η συνιστώσα συγκέντρωσης ευελιξίας ζήτησης του iFAAP, που αναπτύχθηκε από την CARTIF, χαρακτηρίζει την ευελιξία που μπορεί να διαθέσει κάθε συμμετέχουσα διαδικασία εντός του αρχέτυπου φακέλου λειτουργίας της, λαμβάνοντας υπόψη το χρονοδιάγραμμα παραγωγής και τους περιορισμούς ποιότητας, ασφάλειας και συντήρησης που αναφέρονται από την τοποθεσία, και την συγκεντρώνει σε ένα προφίλ ευελιξίας σε επίπεδο συστάδας.

Απόφαση: Η ίδια συνιστώσα επινοεί τις βέλτιστες προσφορές για τη βουλγαρική αγορά επόμενης ημέρας (βήμα 3) και, στη συνέχεια, τις βέλτιστες προσφορές για τη βουλγαρική αγορά ενέργειας εξισορρόπησης, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση που έχει ήδη ληφθεί στην αγορά επόμενης ημέρας (βήμα 4). Η STOMANA, ως φορέας συγκέντρωσης συνεργατικών σχηματισμών και BRP, επιβεβαιώνει τη στρατηγική που προέκυψε.

Ενεργοποίηση: Οι επιβεβαιωμένες προσφορές υποβάλλονται στις βουλγαρικές αγορές από τη STOMANA με την ιδιότητά της στο BRP και τα χρονοδιαγράμματα που προκύπτουν κοινοποιούνται στο βιομηχανικό EMS, το οποίο προσαρμόζει ανάλογα το χρονοδιάγραμμα και τη διάρκεια των σχετικών διαδικασιών.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Η παραδοθείσα κατανάλωση μετράται σε ανάλυση 15 λεπτών και συγκρίνεται με την προγραμματισμένη θέση. Οι KPI που ορίζονται για το βιομηχανικό σύμπλεγμα, που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.2.3, αξιολογούνται στη συνέχεια από τους εταίρους της κοινοπραξίας υπό την ηγεσία της UPAT (βήμα 5).

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Συγκεντρωτική διασυνοριακή βιομηχανική ευελιξία BG/GR

Περιγραφή περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-02

Το UC-BGGR-02 επεκτείνει τη λογική συνάθροισης που καθιερώθηκε στο UC-BGGR-01 πέρα από μια ενιαία περιοχή εξισορρόπησης. Αξιολογεί τη σκοπιμότητα της συνάθροισης του cluster STOMANA μαζί με το Βιομηχανικό Συγκρότημα HELLENiQ ENERGY Thessaloniki, δηλαδή βιομηχανιών που βρίσκονται σε δύο διαφορετικές αλλά διασυνδεδεμένες τοπικές περιοχές εξισορρόπησης, η μία υπό τη δικαιοδοσία του ελληνικού ΑΔΜΗΕ και η άλλη υπό τη δικαιοδοσία του ΔΣΜ της Βουλγαρίας ESO, που συνδέονται με διασυνοριακή γραμμή μεταφοράς. Το Use Case αξιολογεί ποια διασυνοριακή συνάθροιση ευελιξίας είναι πραγματικά εφικτή στις περιοχές ESO και IPTO, αξιοποιώντας παράλληλα το διαθέσιμο περιθώριο διασύνδεσης, και συγκρίνει τις συνθήκες της αγοράς στις δύο πλευρές των συνόρων προκειμένου να ποσοτικοποιήσει τις δυνατότητες διατραπεζικού arbitrage. Όπως προβλέπεται στη ΓΣ, η συμμετοχή της ευελιξίας του βουλγαρικού cluster στην ελληνική αγορά εξισορρόπησης είναι σιωπηρή, η οποία πραγματοποιείται χωρίς κεντρική πλατφόρμα και μέσω πιστοποιημένου φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης ευελιξίας, και λαμβάνει υπόψη ότι η εκκαθάριση της ελληνικής αγοράς εφεδρειών ακολουθεί την εκκαθάριση της αγοράς επόμενης ημέρας, έτσι ώστε το περιθώριο που απομένει στις γραμμές διασύνδεσης να μπορεί να αξιοποιηθεί για σκοπούς εξισορρόπησης. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι μια ποσοτικοποιημένη εκτίμηση του διασυνοριακού δυναμικού αρμπιτράζ που προκύπτει από την αξιολόγηση και τη σύγκριση των συνθηκών της αγοράς και στις δύο χώρες, το οποίο παράγεται χωρίς να παραβιάζονται οι περιορισμοί παραγωγής των συμμετεχόντων κλάδων ή οι περιορισμοί δικτύου οποιουδήποτε συστήματος.

Πίνακας 40: Πιλοτικό #3 - UC-BGGR-02: Γενικές παράμετροι βασικής περίπτωσης χρήσης

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Αναγνωριστικό και τίτλος περίπτωσης χρήσης	UC-BGGR-02 — Αθροιστική διασυνοριακή βιομηχανική ευελιξία BG/GR

Σύντομη Περιγραφή	Αξιολόγηση της διασυνοριακής συνάθροισης του cluster STOMANA και της HELLENiQ ENERGY για ευέλικτη συμμετοχή στις αγορές χονδρικής ενέργειας και ενέργειας εξισορρόπησης και των δύο χωρών.
Στόχος / Σκοπός	Αξιολόγηση της εφικτής διασυνοριακής συγκέντρωσης ευελιξίας σε όλες τις περιοχές του ESO και του IPTO, αξιοποιώντας παράλληλα το διαθέσιμο περιθώριο διασύνδεσης.
Απευθύνεται σε επίπεδο συστήματος	EMS / aggregator / iFAAP / Βουλγαρικοί και Ελληνικοί ΔΣΜ / αγορά εξισορρόπησης.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Εξερευνήστε τις δυνατότητες του αρμπιτράζ μεταξύ αγορών αξιολογώντας και συγκρίνοντας τις συνθήκες της αγοράς και στις δύο χώρες.

Βιομηχανικό πλαίσιο - UC-BGGR-02

Το διασυνοριακό cluster συνδυάζει δύο πολύ διαφορετικά βιομηχανικά προφίλ. Από τη βουλγαρική πλευρά Η βουλγαρική πλευρά περιλαμβάνει το ίδιο σύμπλεγμα τριών βιομηχανιών με το UC-BGGR-01: STOMANA, SofiaMed και ETEM Gestamp. Από την ελληνική πλευρά, το Βιομηχανικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης της HELLENiQ ENERGY λειτουργεί μια συνεχή διαδικασία διύλισης, δευτερογενούς επεξεργασίας και υδροεπεξεργασίας, μαζί με τη σχετική παραγωγή πετροχημικών.

Η διαφορά στον χαρακτήρα της διαδικασίας μεταξύ των δύο πλευρών είναι το καθοριστικό χαρακτηριστικό αυτής της περίπτωσης χρήσης. Τα φορτία της βουλγαρικής χαλυβουργίας είναι τύπου παρτίδας, διακοπτόμενα και σταθερής ισχύος, και επομένως επαναπρογραμματίζονται στο χρόνο. Οι ελληνικές διεργασίες διύλισης είναι συνεχείς και, όπως αναφέρεται στην πιλοτική έρευνα, η προσαρμογή της διαδικασίας είναι σπάνια και περιορισμένη στην παραγωγή. Το μοναδικό ευέλικτο περιουσιακό στοιχείο που αναφέρεται για την ελληνική τοποθεσία είναι ο κινητήρας εξώθησης της γραμμής παραγωγής πολυπροπυλενίου, με εγκατεστημένη ισχύ 5,4 MW, ετήσια κατανάλωση περίπου 70,5 GWh και φορτίο αιχμής 4,67 MW. Κατατάσσεται στο αρχέτυπο Reschedulable process με τον υποτύπο Uninterruptible, adjustable power process, δηλαδή μια διαδικασία της οποίας το επίπεδο ισχύος μπορεί να διαμορφωθεί αλλά δεν μπορεί να διακοπεί. Μπορεί να ρυθμιστεί έως και 1 MW της κατανάλωσής του και οι κύριοι περιορισμοί είναι οι απαιτήσεις της διαδικασίας και οι εμπορικές ανάγκες της μονάδας. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη περίοδος αιχμής κατανάλωσης, καθώς η διακύμανση της κατανάλωσης ενέργειας εξαρτάται από την ποιότητα του πολυπροπυλενίου που παράγεται. Τα τρέχοντα και ιστορικά δεδομένα είναι διαθέσιμα σε ωριαία ανάλυση μέσω χειροκίνητης εξαγωγής, με πιο χονδροειδή ανάλυση από τα δεδομένα των 15 λεπτών που είναι διαθέσιμα στη βουλγαρική πλευρά. Ο έλεγχος ασκείται μέσω του Powernet και του Zenon EMS στην HELLENiQ και μέσω των εγκαταστάσεων EMS της Schneider Electric στη STOMANA.

ΠΊΝΑΚΑΣ 41: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - UC-BGGR-02 ΒΑΣΙΚΌ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΌ ΠΛΑΊΣΙΟ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης

Βιομηχανικός Τομέας	Χαλυβουργία, επεξεργασία χαλκού και επεξεργασία αλουμινίου (BG), διύλιση πετρελαίου και πετροχημικά προϊόντα (GR).).
Κύριες σχετικές βιομηχανικές διεργασίες	Μονάδες και μύλοι τήξης STOMANA, καθώς και συνεχής διύλιση, δευτερογενής επεξεργασία και υδρογονοκατεργασία HELLENiQ, χυτήριο SofiaMed, έλαση και διέλαση, διέλαση αλουμινίου ETEM Gestamp, δευτερογενής επεξεργασία.
Κύριες ευέλικτες ενεργοβόρες διαδικασίες	Οι υποψήφιες για Βουλγαρία διεργασίες περιλαμβάνουν τις μονάδες STOMANA EAF/LF, χύτευσης και VD, των οποίων η ισχύς του κινητήρα επιβεβαιώνεται, ενώ η ευέλικτη χωρητικότητα και διαθεσιμότητα παραμένουν εξαρτώμενες από το όριο της διαδικασίας. Η HELLENiQ αναφέρει ότι η προσαρμογή της διαδικασίας είναι σπάνια και περιορισμένη στην παραγωγή. Το αναφερόμενο ευέλικτο περιουσιακό στοιχείο είναι ο κινητήρας εξώθησης πολυπροπυλενίου, του οποίου η κατανάλωση μπορεί να ρυθμιστεί έως και 1 MW.
Κλίμακα ευελιξίας	Διασυνοριακό βιομηχανικό σύμπλεγμα πολλαπλών τοποθεσιών.
Επίπεδο ελέγχου	Powernet και Zenon EMS στην HELLENiQ. Εγκαταστάσεις EMS της Schneider Electric στη ΣΤΟΜΑΝΑ.

Πλαίσιο αγοράς και συστήματος - UC-BGGR-02

Το UC-BGGR-02 αφορά τη χονδρική ενέργεια και την ενέργεια εξισορρόπησης σε δύο περιβάλλοντα εθνικών αγορών ταυτόχρονα. Από τη βουλγαρική πλευρά, οι σχετικές αγορές είναι η αγορά επόμενης ημέρας που διαχειρίζεται η IBEX, στην οποία συμμετέχει άμεσα η STOMANA, και η αγορά ενέργειας εξισορρόπησης που διαχειρίζεται η ESO, στην οποία η STOMANA ενεργεί ως BRP. Από την ελληνική πλευρά, οι σχετικές αγορές είναι η αγορά επόμενης ημέρας που διαχειρίζεται το ΕΧΕ, στην οποία συμμετέχει η HELLENiQ μέσω φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης, και η αγορά ενέργειας εξισορρόπησης που διαχειρίζεται ο ΑΔΜΗΕ. Σύμφωνα με τη ΓΣ, η πρόσβαση της ευελιξίας του βουλγαρικού cluster στην ελληνική αγορά εξισορρόπησης νοείται ως σιωπηρή συμμετοχή μέσω του πιστοποιημένου φορέα συγκέντρωσης ευελιξίας PPC, ο οποίος θα βελτιστοποιούσε τις προσφορές εξισορρόπησης για λογαριασμό ολόκληρου του διασυνοριακού cluster. Η STOMANA δεν συμμετέχει άμεσα στην ελληνική αγορά. Το Use Case ενεργοποιείται από τα σήματα της αγοράς και τις προβλέψεις τιμών και στις δύο πλευρές των συνόρων και η αλληλουχία της ελληνικής αγοράς, όπου η αγορά αποθεμάτων εκκαθαρίζεται μετά την αγορά επόμενης ημέρας, είναι αυτή που δημιουργεί την ευκαιρία να αξιοποιηθεί το υπόλοιπο περιθώριο διασύνδεσης για σκοπούς εξισορρόπησης. Η πρόταση αξίας συνδυάζει τη βελτιστοποίηση του κόστους για τις συμμετέχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με την αξία αρμπιτράζ που προκύπτει από τις αποκλίνουσες συνθήκες της αγοράς μεταξύ των δύο χωρών και με τη μαθησιακή αξία του καθορισμού της διασυνοριακής συγκέντρωσης βιομηχανικής ευελιξίας που είναι πραγματικά εφικτή σύμφωνα με τις ισχύουσες κανονιστικές ρυθμίσεις. Το επίπεδο ωριμότητας ταξινομείται ως Future.

ΠΊΝΑΚΑΣ 42: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - UC-BGGR-02 ΠΛΑΊΣΙΟ ΑΓΟΡΆΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΉΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΉΣ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Κατηγορία Μηχανισμού	Χονδρική πώληση ενέργειας (αγορά επόμενης ημέρας) / Αγορά ενέργειας εξισορρόπησης (ως BRP) / Διασυνοριακή συγκέντρωση.
Αγορά-στόχος	Βουλγαρική αγορά επόμενης ημέρας (IBEX) και αγορά ενέργειας εξισορρόπησης (ESO). Ελληνική αγορά επόμενης ημέρας (HEnEx) και αγορά ενέργειας εξισορρόπησης (ΑΔΜΗΕ), η οποία έχει έμμεση πρόσβαση μέσω του πιστοποιημένου φορέα συγκέντρωσης ευελιξίας PPC.
Κατηγορία ενεργοποίησης	Σήμα αγοράς / πρόβλεψη / αίτημα συγκέντρωσης.
Επίπεδο ωριμότητας	Μελλοντική (καμία διασυνοριακή συγκεντρωτική οντότητα δεν συμμετέχει επί του παρόντος σε καμία από τις δύο αγορές· η περίπτωση χρήσης αξιολογείται ως σενάριο).
Κύριος οδηγός τιμής	Βελτιστοποίηση εσόδων / κόστους / συμμετοχή στην αγορά / μάθηση.
Ροή εσόδων / οφελών	Μείωση του συνολικού κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (ενέργειας και εξισορρόπησης) σε ολόκληρο το διασυνοριακό cluster, συν την αξία αρμπιτράζ μεταξύ των αγορών που αποτυπώνεται μέσω της διασύνδεσης BG–GR και αντικατοπτρίζεται στον όγκο της ενέργειας που αποτελεί αντικείμενο διασυνοριακών συναλλαγών.

Ηθοποιοί περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: Έλληνας βιομηχανικός καταναλωτής που παρέχει ζήτηση και δυνητική ευελιξία. Εκθέτει το ρυθμιζόμενο μερίδιο του φορτίου διέλασης πολυπροπυλενίου και τους σχετικούς διεργασιακούς και εμπορικούς περιορισμούς.

Σύμπλεγμα STOMANA: Βουλγαρικός βιομηχανικός συνεργατικός σχηματισμός και συμμετέχων στη συγκέντρωση ευελιξίας. Συνεισφέρει τη συγκεντρωτική ευελιξία που καθιερώθηκε στο UC-BGGR-01 στη διασυνοριακή αξιολόγηση.

ΑΔΜΗΕ: Ελληνικός ΔΣΜ και διαχειριστής της περιοχής εξισορρόπησης Θεσσαλονίκης. Καθορίζει το πλαίσιο της ελληνικής αγοράς εξισορρόπησης και, από κοινού με τον ΕΟΤ, καθορίζει τη διαθέσιμη δυναμικότητα διασύνδεσης για την επόμενη ημέρα.

ESO: ΔΣΜ της Βουλγαρίας και διαχειριστής της περιοχής εξισορρόπησης της Σόφιας. Καθορίζει το πλαίσιο της βουλγαρικής αγοράς εξισορρόπησης και, από κοινού με τον ΑΔΜΗΕ, καθορίζει το διαθέσιμο περιθώριο διασύνδεσης.

iFAAP και πάροχοι τεχνολογίας: Πρόβλεψη, συγκέντρωση και βελτιστοποίηση της ευελιξίας του διασυνοριακού συμπλέγματος, αξιολογώντας τη συνδυασμένη διαθεσιμότητα, τις συνθήκες της αγοράς και στις δύο πλευρές των συνόρων και τους βιομηχανικούς περιορισμούς. Όπως και στο UC-BGGR-01, τα στοιχεία πρόβλεψης ζήτησης και τιμής αναπτύσσονται από την UPAT στα T4.1 και T4.2 και το στοιχείο συγκέντρωσης ευελιξίας ζήτησης από την CARTIF.

ΔΕΗ (πιστοποιημένος φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης ευελιξίας): Προβλέπεται στη ΓΣ ως ο πιστοποιημένος φορέας σωρευτικής εκπροσώπησης μέσω του οποίου η ευελιξία του βουλγαρικού συνεργατικού σχηματισμού θα συμμετέχει σιωπηρά στην ελληνική αγορά εξισορρόπησης που διαχειρίζεται ο ΑΔΜΗΕ, βελτιστοποιώντας τις προσφορές εξισορρόπησης για λογαριασμό ολόκληρου του διασυνοριακού συνεργατικού σχηματισμού.

Λειτουργία περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-02

Το UC-BGGR-02 ξεκινά από τη διαθεσιμότητα προβλέψεων βουλγαρικών και ελληνικών τιμών επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης για την επόμενη ημέρα παράδοσης, που παράγονται από τις συνιστώσες πρόβλεψης ζήτησης και τιμών του iFAAP που αναπτύχθηκε από την UPAT. Η συνιστώσα συγκέντρωσης ευελιξίας ζήτησης του iFAAP που αναπτύχθηκε από την CARTIF, ενεργώντας ως ή για λογαριασμό του φορέα συγκέντρωσης, αξιολογεί στη συνέχεια τη συνδυασμένη διαθεσιμότητα ευελιξίας στις δύο πλευρές των συνόρων μαζί με τις συνθήκες της αγοράς και στις δύο χώρες και τους βιομηχανικούς περιορισμούς που αναφέρονται από όλες τις συμμετέχουσες τοποθεσίες, οι οποίοι περιλαμβάνουν προγραμματισμένη συντήρηση και διακοπή λειτουργίας. Μια ξεχωριστή εισροή σε σχέση με το UC-BGGR-01 είναι το περιθώριο δυναμικότητας διασύνδεσης που διατίθεται από τους δύο ΔΣΜ για την επόμενη ημέρα, το οποίο καθορίζει πόσο από τη βουλγαρική ευελιξία μπορεί να αξιοποιηθεί αξιόπιστα από την ελληνική πλευρά. Σε αυτή τη βάση, η πλατφόρμα σχεδιάζει προσφορές ενέργειας επόμενης ημέρας και εξισορρόπησης τόσο για την ελληνική όσο και για τη βουλγαρική αγορά και το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι ότι το σενάριο διασυνοριακής ευελιξίας αξιολογείται και ποσοτικοποιείται χωρίς να παραβιάζονται οι περιορισμοί παραγωγής στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις ή οι περιορισμοί δικτύου σε κανένα από τα δύο συστήματα.

ΠΊΝΑΚΑΣ 43: ΠΙΛΌΤΟΣ #3 - UC-BGGR-02 ΛΕΙΤΟΥΡΓΊΑ ΠΕΡΊΠΤΩΣΗΣ ΧΡΉΣΗΣ

Παράμετρος	Πληροφορίες ειδικές για την περίπτωση χρήσης
Συμβάν ενεργοποίησης	Πρόβλεψη αγοράς επόμενης ημέρας στη Βουλγαρία και την Ελλάδα και τιμές ενέργειας εξισορρόπησης.
Δεδομένα εισόδου / Μεταβλητές	Προβλέψεις ζήτησης εγκαταστάσεων και διεργασιών, χαρακτηρισμός ευελιξίας μέσω αρχετύπων, προβλέψεις τιμών αγοράς και για τις δύο χώρες, περιθώρια δυναμικότητας διασύνδεσης που διατίθενται από τον ESO και τον ΑΔΜΗΕ, λειτουργικοί περιορισμοί επόμενης ημέρας (συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης και των προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας) που κοινοποιούνται από το βουλγαρικό cluster μέσω του STOMANA και της HELLENiQ ENERGY.
Λογική Απόφασης	Ο aggregator / iFAAP αξιολογεί τη συνδυασμένη διαθεσιμότητα, τις συνθήκες της αγοράς και τους βιομηχανικούς περιορισμούς και καθορίζει τη στρατηγική υποβολής προσφορών στα δύο περιβάλλοντα αγοράς, με πρόβλεψη ζήτησης και τιμής που παρέχεται από την UPAT και συγκέντρωση ευελιξίας ζήτησης από την CARTIF.

Αναμενόμενη δράση	Σχεδιασμός προσφορών αγοράς επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης τόσο για την ελληνική όσο και για τη βουλγαρική αγορά.
Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Το σενάριο διασυνοριακής ευελιξίας αξιολογείται χωρίς να παραβιάζονται οι περιορισμοί παραγωγής ή δικτύου.

Συστήματα, δεδομένα και περιορισμοί - UC-BGGR-02

Εμπλεκόμενα συστήματα: HELLENiQ Powernet και Zenon EMS. Εγκαταστάσεις EMS της Schneider Electric στη STOMANA. Η πλατφόρμα συγκέντρωσης και βελτιστοποίησης iFAAP. και οι ΔΣΜ και οι διεπαφές αγοράς και στις δύο πλευρές των συνόρων (IBEX και ESO στη βουλγαρική πλευρά, HEnEx και ΑΔΜΗΕ στην ελληνική πλευρά).

Χρησιμοποιούμενες πληροφορίες: Προβλέψεις ζήτησης εγκαταστάσεων και διεργασιών, χαρακτηρισμός ευελιξίας μέσω αρχετύπων, προβλέψεις τιμών αγοράς και για τις δύο χώρες και η διαθέσιμη δυναμικότητα διασύνδεσης που κοινοποιήθηκε από τους δύο ΔΣΜ για την επόμενη ημέρα.

Τεχνικοί και λειτουργικοί περιορισμοί: Λειτουργικοί περιορισμοί των σχετικών αρχετύπων και στις δύο πλευρές. Από τη βουλγαρική πλευρά, όρια διεργασιών STOMANA, χρονοδιάγραμμα παραγωγής, περιορισμοί ποιότητας, ασφάλειας και συντήρησης. Από ελληνικής πλευράς, ο συνεχής χαρακτήρας της διαδικασίας διύλισης, ο περιορισμός του ρυθμιζόμενου φορτίου του εξωθητήρα σε μέγιστο 1 MW και η εξάρτηση της κατανάλωσης από την ποιότητα πολυπροπυλενίου στην παραγωγή. Η ασυμμετρία στην ανάλυση των δεδομένων μεταξύ των δύο πλευρών, 15 λεπτά στη βουλγαρική πλευρά και ωριαία στην ελληνική πλευρά, περιορίζει τη χρονική ανάλυση στην οποία μπορεί να χαρακτηριστεί το διασυνοριακό σύνολο.

Περιορισμοί της αγοράς και ρυθμιστικοί περιορισμοί: κανόνες της ελληνικής και της βουλγαρικής αγοράς, επιλεξιμότητα φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης, δεδομένου ότι η ευελιξία του βουλγαρικού συνεργατικού σχηματισμού μπορεί να φτάσει στην ελληνική αγορά εξισορρόπησης μόνο έμμεσα μέσω πιστοποιημένου φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης ευελιξίας, και η σκοπιμότητα της διασυνοριακής εξισορρόπησης, η οποία περιορίζεται από τη δυναμικότητα διασύνδεσης που απομένει μετά την εκκαθάριση της αγοράς επόμενης ημέρας.

Σενάριο κύριας περίπτωσης χρήσης - UC-BGGR-02

Ενεργοποίηση: Για την επόμενη ημέρα παράδοσης, οι λειτουργικοί περιορισμοί των σχετικών αρχετύπων, συμπεριλαμβανομένης της προγραμματισμένης συντήρησης και των διακοπών λειτουργίας, καθίστανται διαθέσιμοι από τη STOMANA και την HELLENiQ ENERGY (βήμα 1). Οι προβλέψεις ζήτησης καθώς και τιμών ενέργειας και τιμών εξισορρόπησης και για τις δύο αγορές παράγονται από τις συνιστώσες πρόβλεψης ζήτησης και τιμών του iFAAP, που αναπτύχθηκαν από την UPAT (βήμα 2), και τα περιθώρια δυναμικότητας διασύνδεσης για την επόμενη ημέρα διατίθενται από τον ESO και τον ΑΔΜΗΕ (βήμα 3).

Αξιολόγηση: Η συνιστώσα συγκέντρωσης ευελιξίας ζήτησης του iFAAP, που αναπτύχθηκε από την CARTIF, αξιολογεί τη συνδυασμένη ευελιξία που είναι διαθέσιμη στις δύο πλευρές των συνόρων εντός των αντίστοιχων αρχέτυπων λειτουργικών φακέλων, συγκρίνει τις συνθήκες της αγοράς στις δύο χώρες και καθορίζει πόσο από τη διαθέσιμη ευελιξία μπορεί να αξιοποιηθεί πέρα από τα σύνορα, δεδομένου του περιθωρίου διασύνδεσης.

Απόφαση: Η ίδια συνιστώσα επινοεί τις βέλτιστες προσφορές για την αγορά επόμενης ημέρας (βήμα 4) και, συνυπολογίζοντας τις θέσεις που προκύπτουν, τις βέλτιστες προσφορές για την αγορά ενέργειας εξισορρόπησης (βήμα 5), τόσο για τη βουλγαρική όσο και για την ελληνική πλευρά. Οι συμμετέχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις επιβεβαιώνουν ότι τα χρονοδιαγράμματα που προκύπτουν είναι συμβατά με τα σχέδια παραγωγής τους.

Ενεργοποίηση: Οι προσφορές υποβάλλονται στις αντίστοιχες αγορές, απευθείας από τη STOMANA ως BRP από τη βουλγαρική πλευρά και μέσω του πιστοποιημένου φορέα συγκέντρωσης ευελιξίας από την ελληνική πλευρά, και τα χρονοδιαγράμματα που προκύπτουν αναμεταδίδονται στο βιομηχανικό ΣΠΔ κάθε εγκατάστασης.

Παρακολούθηση και αποτέλεσμα: Η παρεχόμενη κατανάλωση μετράται και συγκρίνεται με τις προγραμματισμένες θέσεις και στις δύο πλευρές. Οι KPI που ορίζονται για το βιομηχανικό σύμπλεγμα, συμπεριλαμβανομένου του όγκου της ενέργειας που διακινείται διασυνοριακά, αξιολογούνται στη συνέχεια από τους εταίρους της κοινοπραξίας υπό την ηγεσία της UPAT (βήμα 6).

3.3 Ενοποιημένο μητρώο περιπτώσεων χρήσης

Οι οκτώ περιπτώσεις χρήσης που αναπτύχθηκαν στα τρία πιλοτικά προγράμματα LEONARDO αφορούν διαφορετικές μορφές και επίπεδα βιομηχανικής ευελιξίας. Κυμαίνονται από τη συγκέντρωση και την ενεργοποίηση κατανεμημένων πόρων έως τη λειτουργία που ανταποκρίνεται στις τιμές, τους τοπικούς και εθνικούς μηχανισμούς ευελιξίας και τον διασυνοριακό συντονισμό.

Οι τρεις ιταλικές περιπτώσεις χρήσης αποτελούν μια ακολουθία από τη συγκέντρωση βιομηχανικών φορτίων και κατανεμημένων ενεργειακών πόρων μέσω της δυνητικής χρήσης τους στην εθνική αγορά εξισορρόπησης σε μια τοπική αγορά ευελιξίας εντός της περιοχής διανομής CEDIS. Οι αυστριακές περιπτώσεις χρήσης συνδυάζουν αξιολόγηση βάσει δεδομένων με εννοιολογικές δραστηριότητες και δραστηριότητες βάσει σεναρίων. Αφορούν την ευέλικτη βιομηχανική απόκριση στις τιμές επόμενης ημέρας, έναν πιθανό μελλοντικό μηχανισμό ευελιξίας σε επίπεδο διανομής και τις προϋποθέσεις για πιθανή συμμετοχή και συντονισμό σε επίπεδο ΔΣΜ. Οι περιπτώσεις χρήσης Βουλγαρίας-Ελλάδας επικεντρώνονται στη συγκέντρωση και τον προσανατολισμένο στην αγορά προγραμματισμό μεγάλων βιομηχανικών φορτίων, πρώτα εντός της Βουλγαρίας και στη συνέχεια σε όλες τις περιοχές της βουλγαρικής και της ελληνικής αγοράς.

Πιλότος	Περίπτωση χρήσης και τίτλος	Κύρια εστίαση	Αναμενόμενο αποτέλεσμα
Ιταλικό πιλοτικό έργο	**UC-IT-01 – Συνολική ευελιξία από κατανεμημένα**	Συγκέντρωση και συντονισμός βιομηχανικών φορτίων και	Επικυρωμένη προσέγγιση για συγκεντρωτικό

	βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους	κατανεμημένων ενεργειακών πόρων μέσω του FLEXIA	προγραμματισμό και ενεργοποίηση ευελιξίας
Ιταλικό πιλοτικό έργο	**UC-IT-02 – Λειτουργία στην εθνική αγορά εξισορρόπησης**	Επί της δυνητικής συμμετοχής των συγκεντρωτικών πόρων στην ιταλική αγορά εξισορρόπησης	Εκτίμηση της δυνητικής συμβολής του συνόλου στις εθνικές υπηρεσίες εξισορρόπησης
Ιταλικό πιλοτικό έργο	**UC-IT-03 – Λειτουργία τοπικής αγοράς ευελιξίας για τη διαχείριση δικτύου DSO**	Τοπική ευελιξία για ιδιοκατανάλωση, ενσωμάτωση ΑΠΕ και διαχείριση δικτύου διανομής	Προσομοίωση τοπικής λειτουργίας της αγοράς ευελιξίας και αξιολόγηση των επιπτώσεων του δικτύου και των οικονομικών επιπτώσεών της
Αυστριακό πιλοτικό έργο	**UC-AT-01 – Εξερευνήστε διαφορετικές στρατηγικές συμμετοχής στην αγορά ενέργειας στην Αυστρία**	Ευέλικτη βιομηχανική ανταπόκριση στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης ημέρας, λαμβάνοντας υπόψη τα επιτόπια φωτοβολταϊκά και την αποθήκευση	Κατάλληλες στρατηγικές λειτουργίας και ποσοτικοποιημένα πιθανά οφέλη για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις
Αυστριακό πιλοτικό έργο	**UC-AT-02 – Σχεδιασμός Αγοράς Ευελιξίας σε Επίπεδο Διανομής**	Δυνητική συμβολή της βιομηχανικής ευελιξίας σε έναν πιθανό μελλοντικό μηχανισμό ευελιξίας σε επίπεδο κατανομής	Προτεινόμενος μηχανισμός σε επίπεδο ΔΣΔ για την αντιστοίχιση των μελλοντικών αναγκών του δικτύου με τη βιομηχανική ευελιξία
Αυστριακό πιλοτικό έργο	**UC-AT-03 – Πολυεπίπεδος Συντονισμός Ευελιξίας**	Προϋποθέσεις για πιθανή συμμετοχή σε επίπεδο ΔΣΜ και συντονισμός με πιθανή χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ	Αξιολόγηση της συμμετοχής και των επιλογών συντονισμού για τη βιομηχανική ευελιξία
Βουλγαρο-Ελληνικό πιλοτικό πρόγραμμα	**UC-BGGR-01 – Συγκεντρωτική βιομηχανική ευελιξία εντός των συνόρων της Βουλγαρίας**	Συγκέντρωση και προγραμματισμός της βιομηχανικής ευελιξίας με γνώμονα την αγορά εντός της Βουλγαρίας	Επικυρωμένη προσέγγιση συγκέντρωσης και υποβολής προσφορών για τις βουλγαρικές αγορές χονδρικής και εξισορρόπησης
Βουλγαρο-Ελληνικό πιλοτικό πρόγραμμα	**UC-BGGR-02 – Συγκεντρωτική διασυνοριακή βιομηχανική ευελιξία BG/GR**	Διασυνοριακή συγκέντρωση βουλγαρικής και ελληνικής βιομηχανικής ευελιξίας	Αξιολόγηση της διασυνοριακής συγκέντρωσης και των ευκαιριών μεταξύ αγορών

Συνολικά, το ενοποιημένο μητρώο καταδεικνύει ότι οι περιπτώσεις χρήσης του LEONARDO καλύπτουν μια εξέλιξη από τον εντοπισμό και τη συγκέντρωση της βιομηχανικής ευελιξίας στη δυνητική χρήση της στη λειτουργία βάσει τιμών, στη στήριξη του δικτύου και στις εθνικές ή διασυνοριακές αγορές ενέργειας.

4 Αξιολόγηση απόδοσης και πλαίσιο KPI

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει την αξιολόγηση της απόδοσης και το πλαίσιο KPI που αναπτύχθηκε για τις τρεις πιλοτικές τοποθεσίες LEONARDO. Το πλαίσιο μεταφράζει τους στόχους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα των ειδικών περιπτώσεων χρήσης σε μετρήσιμους δείκτες και παρέχει μια κοινή δομή για τη μετέπειτα παρακολούθηση και αξιολόγησή τους.

Οι ΒΔΕ καθορίστηκαν σε επίπεδο πιλοτικής τοποθεσίας και περίπτωσης χρήσης, ώστε να αντικατοπτρίζουν τις διαφορετικές τεχνικές, επιχειρησιακές, αγοραίες και οικονομικές συνθήκες που αντιμετωπίζονται από τα επιμέρους σενάρια. Ταυτόχρονα, εφαρμόστηκε εναρμονισμένη προσέγγιση διατύπωσης σε όλα τα πιλοτικά έργα για τη διασφάλιση της συνέπειας και της συγκρισιμότητας. Σύμφωνα με το πεδίο εφαρμογής που ορίζεται για το πλαίσιο αξιολόγησης, το σύνολο των ΒΔΕ λαμβάνει υπόψη τις τεχνικές, περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις ως εφαρμοστέες στις αντίστοιχες περιπτώσεις χρήσης.

4.1 Προσέγγιση Αξιολόγησης και Δομή Πλαισίου

Η διατύπωση του KPI ενσωματώθηκε απευθείας στο κοινό πρότυπο μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης. Αυτή η προσέγγιση επέτρεψε την ανάπτυξη των δεικτών μαζί με τις λεπτομερείς προδιαγραφές κάθε περίπτωσης χρήσης και εξασφάλισε τη σαφή κατανομή κάθε KPI στην αντίστοιχη πιλοτική τοποθεσία και σενάριο.

Για κάθε περίπτωση χρήσης, οι καθορισμένοι στόχοι, τα αναμενόμενα αποτελέσματα, οι συνθήκες λειτουργίας και οι σχετικοί περιορισμοί ελήφθησαν υπόψη κατά τον προσδιορισμό των κατάλληλων δεικτών. Το υπόδειγμα παρέχει μια κοινή δομή για την τεκμηρίωση της κατηγορίας ΒΔΕ, του ορισμού του ΒΔΕ, της μονάδας και της μεθόδου μέτρησης ή υπολογισμού. Αυτό επιτρέπει στους δείκτες να περιγράφονται σε συνεπή μορφή, ενώ παράλληλα επιτρέπει στο περιεχόμενό τους να αντικατοπτρίζει τα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης χρήσης.

Το πλαίσιο που προκύπτει συνδυάζει μια εναρμονισμένη μεθοδολογία με σύνολα KPI ειδικά για πιλοτικά έργα. Ως εκ τούτου, υποστηρίζει μια συνεπή προσέγγιση αξιολόγησης σε όλο το LEONARDO χωρίς να χάνει την ατομική εστίαση των διαφορετικών περιπτώσεων χρήσης και πιλοτικών τοποθεσιών.

4.2 Αποθετήριο KPI και παράμετροι παρακολούθησης

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει το αποθετήριο KPI που αναπτύχθηκε για τις τρεις πιλοτικές τοποθεσίες και τις αντίστοιχες περιπτώσεις χρήσης τους. Οι δείκτες θα τεκμηριωθούν μαζί με την κατηγορία, τον ορισμό, τη μονάδα και τη μέθοδο μέτρησης ή υπολογισμού τους, καθώς και τις σχετικές παραμέτρους παρακολούθησης που είναι διαθέσιμες σε αυτό το στάδιο του έργου.

4.2.1 Πιλοτική τοποθεσία #1: Ιταλικό πιλοτικό έργο

Επισκόπηση KPI πιλοτικού έργου **– PS#1**

Για τη συστηματική αξιολόγηση της απόδοσης της πλατφόρμας συγκέντρωσης που αναπτύχθηκε στον ιταλικό ιστότοπο επίδειξης και την ποσοτικοποίηση των πολυδιάστατων οφελών των

προσομοιωμένων λύσεων ευελιξίας σε εθνικό και τοπικό πλαίσιο, έχει δομηθεί ένα προσαρμοσμένο σύνολο KPI στις τρεις κύριες περιπτώσεις χρήσης.

Για την πρώτη περίπτωση χρήσης, εστιάζοντας στη συνάθροιση της ευελιξίας από κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία και ενεργειακούς πόρους, η εστίαση είναι στην ικανότητα της πλατφόρμας να δημιουργεί και να λειτουργεί ένα αξιόπιστο σύνολο ευελιξίας, γι' αυτό και οι επιλεγμένοι KPI αφορούν τόσο την έκταση του συγκεντρωτικού πόρου (εκφρασμένη σε όρους διαθέσιμης ισχύος και ετήσιας ενεργοποιήσιμης ενέργειας, χωριστά για ανοδική και καθοδική ευελιξία) όσο και τη λειτουργική ποιότητα της ίδιας της πλατφόρμας, που μετράται μέσω του ποσοστού επιτυχίας των ενεργοποιήσεων και του μέσου χρόνου που απαιτείται για την επίτευξη ενός νέου προσαρμοσμένου σημείου ρύθμισης μετά από αίτημα ευελιξίας. Για τον υπολογισμό, πρέπει να λαμβάνονται σχολαστικά υπόψη οι λειτουργικοί περιορισμοί που αφορούν συγκεκριμένα περιουσιακά στοιχεία, όπως η συνέχεια της διαδικασίας, τα θερμικά όρια, τα όρια ασφαλείας και τα όρια κατάστασης φόρτισης για συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπαταριών και ηλεκτρικά οχήματα, καθώς και τα δεδομένα που προέρχονται από το προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Αυτοί οι δείκτες μαζί παρέχουν μια σαφή εικόνα του πόση ευελιξία μπορεί να αναπτυχθεί και πόσο αποτελεσματικά μπορεί να τη συντονίσει η πλατφόρμα στην πράξη, οι οποίες αποτελούν τις θεμελιώδεις προϋποθέσεις για οποιαδήποτε μεταγενέστερη υπηρεσία αγοράς ή δικτύου.

Για το δεύτερο Use Case, οι KPIs μετατοπίζονται προς την επίδειξη της αξίας που μπορεί να προσφέρει το σύνολο ευελιξίας σε εθνική κλίμακα εξισορρόπησης και, ως εκ τούτου, καλύπτουν τρεις συμπληρωματικές διαστάσεις: τον αντίκτυπο του δικτύου όσον αφορά την εξομάλυνση αιχμών και την πλήρωση κοιλάδων, η οποία μετρά την ικανότητα της πλατφόρμας να αναδιαμορφώνει το προφίλ φορτίου κατά τη διάρκεια αιτημάτων της αγοράς εξισορρόπησης· τις προσομοιωμένες οικονομικές αποδόσεις που προκύπτουν από τη συμμετοχή στους μηχανισμούς διαθεσιμότητας δυναμικότητας της Terna και τις διαμορφώσεις της αγοράς εξισορρόπησης, καθώς και το περιβαλλοντικό όφελος που εκφράζεται ως αποφευχθείσες εκπομπές CO2eq σε σύγκριση με τις συμβατικές μονάδες αιχμής με καύση αερίου που διαφορετικά θα παρείχαν εξισορρόπηση. Αυτός ο συνδυασμός επιλέχθηκε επειδή επιτρέπει την αξιολόγηση της περίπτωσης χρήσης όχι μόνο για τεχνικούς λόγους αλλά και για την ικανότητά της να προσφέρει οικονομική αξία και αξία απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές.

Τέλος, για την τρίτη περίπτωση χρήσης, που αφορά τις τοπικές αγορές ευελιξίας για τη διαχείριση του δικτύου του διαχειριστή συστήματος διανομής, οι KPI είναι προσαρμοσμένοι στην τοπική διάσταση της υπηρεσίας: οι μετρήσεις επιπτώσεων στο δίκτυο μετρούν τον μετριασμό της τοπικής συμφόρησης που προκαλείται από την υπερπαραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αύξηση της ιδιοκατανάλωσης μέσω μειωμένων εισαγωγών από το εξωτερικό δίκτυο. Οι μετρήσεις οικονομικού αντίκτυπου αξιολογούν τόσο τα οικονομικά οφέλη που μπορεί να αποκομίσει το CEDIS αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους και μειώνοντας την έκθεσή του σε αγορές χονδρικής, όσο και τα έσοδα που αποκομίζουν μεμονωμένοι βιομηχανικοί χρήστες που συμμετέχουν στην τοπική αγορά ευελιξίας του CEDIS μέσω ασφαλίστρων διαθεσιμότητας και ενεργοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο, οι δείκτες UC3 αποτυπώνουν τόσο τα φυσικά όσο και τα οικονομικά οφέλη της αξιοποίησης της τοπικής ευελιξίας, αντανακλώντας τη διττή προοπτική του ΔΣΔ και των συμμετεχόντων χρηστών.

Πίνακας 44: Πιλοτικό #1 - Αποθετήριο KPI

Κατηγορία KPI	ΒΔΕ	Σχετικές περιπτώσεις χρήσης	Μέθοδος Μέτρησης / Υπολογισμού	Παράμετροι / Κατάσταση παρακολούθησης
Απόδοση ευελιξίας	Συγκεντρωτική δυναμικότητα ευελιξίας (διαθεσιμότητα), ανοδική και καθοδική [MW]	UC-IT- 01	Λαμβάνει υπόψη για κάθε ευέλικτο περιουσιακό στοιχείο τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης (ή ελάχιστης) ισχύος και της ονομαστικής ισχύος, σταθμισμένη με ισχυρούς παράγοντες που λαμβάνουν υπόψη τους περιορισμούς που αφορούν συγκεκριμένα περιουσιακά στοιχεία. Η συνολική ικανότητα ευελιξίας υπολογίζεται ως το άθροισμα κάθε μεμονωμένης συνεισφοράς περιουσιακού στοιχείου, χωριστά για την ανοδική και την καθοδική ευελιξία	Περιορισμοί που αφορούν συγκεκριμένα περιουσιακά στοιχεία: συνέχεια διαδικασίας, θερμικά όρια, ασφάλεια εργαζομένων, υπολειπόμενη ενέργεια εισόδου/εξόδου (ορίζεται ως η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να ρέει σε μια μπαταρία, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρικών οχημάτων, πριν από την πλήρη φόρτιση ή που μπορεί να ρέει έξω από την μπαταρία πριν από το ελάχιστο SOC) κ.λπ.
Απόδοση ευελιξίας	Συνολικός όγκος ευελιξίας (ενεργοποίηση), προς τα πάνω και προς τα κάτω [MWh/έτος]	UC-IT- 01	Λαμβάνει υπόψη για κάθε ευέλικτο στοιχείο την ενέργεια που μπορεί να μετατοπιστεί σε ένα έτος, λαμβάνοντας υπόψη την ευέλικτη ισχύ και τον εκτιμώμενο αριθμό ωρών παραθύρου ενεργοποίησης. Ο συνολικός όγκος ευελιξίας υπολογίζεται ως το άθροισμα κάθε μεμονωμένης συνεισφοράς στοιχείου ενεργητικού, χωριστά για ευελιξία προς τα πάνω και προς τα κάτω	Παράθυρα ενεργοποίησης για συγκεκριμένα στοιχεία κατά τη διάρκεια του έτους
Λειτουργική απόδοση	Επιτυχείς ενεργοποιήσεις επί συνόλου αιτήσεων [%]	UC-IT- 01	Αριθμός τετάρτων ωρών που χαρακτηρίζονται από επιτυχή ανταπόκριση από τα περιουσιακά στοιχεία στην πλατφόρμα FLEXIA σε	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης

			συνολικό αριθμό τετάρτων ωρών που χαρακτηρίζονται από αίτημα ευελιξίας. Το τέταρτο της ώρας χρησιμοποιείται ως τυπική «περίοδος διακανονισμού» σε προγράμματα ευελιξίας.	
Λειτουργική απόδοση	Μέση διάρκεια κύκλου (από την ενεργοποίηση της ευελιξίας έως το νέο προσαρμοσμένο σημείο ρύθμισης) [λεπτά]	UC-IT- 01	Μέσος χρόνος από την ενεργοποίηση της ευελιξίας έως την επιτυχή απόκριση πίσω συν προσομοιωμένος χρόνος αύξησης/καθόδου στο νέο προσαρμοσμένο σημείο ρύθμισης.	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Χαρακτηριστικά ανόδου/καθόδου ράμπας για συγκεκριμένα περιουσιακά στοιχεία
Αντίκτυπος πλέγματος	Εξομάλυνση αιχμής & πλήρωση κοιλάδων [MW]	UC-IT-02	Προσομοίωση μέγιστης μείωσης/αύξησης της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια αιτήματος MSD για αιχμή/κοιλάδα	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Αντιστοίχιση των απαιτήσεων γρήγορης ενεργοποίησης της Terna. Παρουσίαση των τόμων αιτημάτων της MSD
Οικονομικός αντίκτυπος	Προσομοίωση εσόδων από MSD/UVA (€/έτος)	UC-IT-02	Προσομοίωση εσόδων από την ετήσια συμμετοχή στο UVA της Terna (διαθεσιμότητα) και στο MSD της GME για την Terna (ενεργοποίηση: διαμορφωμένη ενέργεια)	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Οι απαιτήσεις γρήγορης ενεργοποίησης της Terna πρέπει να αντιστοιχιστούν. Παρουσιάστε τους όγκους και τις τιμές των αιτημάτων της MSD. Παρουσιάστε το ασφάλιστρο διαθεσιμότητας UVA
Περιβαλλοντική επίπτωση	Εκτιμώμενη μείωση των εκπομπών από μονάδες αιχμής που λειτουργούν με αέριο για εξισορρόπηση (τόνοιCO2eq/έτος)	UC-IT-02	Προσομοίωση CO2 που αποφεύγεται με τη συμμετοχή στην εξισορρόπηση του εθνικού δικτύου για την υποκατάσταση συμβατικής μονάδας που λειτουργεί με αέριο (συντελεστής εκπομπών: 380 gCO2eq/kWh· πηγή: ISPRA,	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Αντιστοίχιση των απαιτήσεων γρήγορης ενεργοποίησης της Terna. Παρουσίαση

			Settore elettrico: emissioni di CO2 e altri impatti, 2026)	των τόμων αιτημάτων της MSD
Αντίκτυπος πλέγματος	Τοπική μείωση συμφόρησης από ΑΠΕ [MW]	UC-IT-03	Προσομοίωση μείωσης της μέγιστης αντίστροφης ροής κατά τη διάρκεια του έτους από το δίκτυο CEDIS στο εξωτερικό, χάρη στην ενεργοποίηση της ευελιξίας προς τα κάτω κατά τη διάρκεια υψηλής τοπικής παραγωγής ΑΠΕ	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Προβλεπόμενες ροές πλέγματος
Αντίκτυπος πλέγματος	Μείωση εισαγωγών από το εξωτερικό δίκτυο (αύξηση ιδιοκατανάλωσης) [MWh/έτος]	UC-IT-03	Προσομοίωση μείωσης της ετήσιας ενέργειας που εισάγεται από το εξωτερικό δίκτυο (που αγοράζεται από τη χονδρική αγορά) και επακόλουθη αύξηση της ετήσιας ιδιοκατανάλωσης χάρη σε ενεργοποιήσεις ευελιξίας	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Προβλεπόμενες ροές πλέγματος
Οικονομικός αντίκτυπος	Έσοδα από αυτοκατανάλωση για το CEDIS [€/έτος]	UC-IT-03	Προσομοίωση οικονομικής αξιοποίησης της υψηλότερης ιδιοκατανάλωσης: περιθώριο τοπικής κατανάλωσης (σε σύγκριση με το χονδρικό εμπόριο κατά την περίοδο αιχμής της παραγωγής) συν εξοικονόμηση από χαμηλότερες αγορές στη χονδρική αγορά	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. προβλεπόμενες ροές δικτύου. παρουσιάζουν τις τιμές χονδρικής αγοράς της GME
Οικονομικός αντίκτυπος	Σωρευτικά έσοδα για βιομηχανικούς χρήστες [€/έτος]	UC-IT-03	Προσομοιωμένα οικονομικά έσοδα για βιομηχανικούς χρήστες που προέρχονται από τη συμμετοχή στο LFM του CEDIS: έσοδα διαθεσιμότητας (€/MW προσφερόμενης ευέλικτης δυναμικότητας) συν έσοδα ενεργοποίησης (€/MWh μετατοπιζόμενης ενέργειας σε σύγκριση με προκαθορισμένη γραμμή βάσης)	Προσομοιωμένο αρχείο καταγραφής ενεργοποίησης. Προσιτά ασφάλιστρα διαθεσιμότητας και ενεργοποίησης

4.2.2 Πιλοτική τοποθεσία #2: Αυστριακό πιλοτικό έργο

Επισκόπηση KPI πιλοτικού έργου **– PS#2**

Το σύνολο ΒΔΕ που αναπτύχθηκε για το πιλοτικό πρόγραμμα της Αυστρίας αντικατοπτρίζει τους διαφορετικούς στόχους και τα διαφορετικά επίπεδα ωριμότητας των τριών περιπτώσεων χρήσης. Καλύπτει την οικονομική χρήση της βιομηχανικής ευελιξίας ως απάντηση στις δυναμικές τιμές επόμενης ημέρας, τη δυνητική συμβολή της βιομηχανικής ευελιξίας σε μια πιθανή μελλοντική αγορά ευελιξίας σε επίπεδο διανομής και την καταλληλότητα και τη συντονισμένη κατανομή της ευελιξίας μεταξύ των μηχανισμών σε επίπεδο ΔΣΔ και ΔΣΜ.

Για το UC-AT-01, οι ΒΔΕ αξιολογούν τις οικονομικές και ενεργειακές επιπτώσεις της μετατόπισης της ευέλικτης βιομηχανικής κατανάλωσης σε ευνοϊκότερες περιόδους. Ο κύριος δείκτης είναι η δυνητική μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με μια πράξη αναφοράς. Συμπληρώνεται από δείκτες για τη βελτίωση της ιδιοκατανάλωσης φωτοβολταϊκών και την ποσότητα ευέλικτου φορτίου που μπορεί να μετατοπιστεί σε περιόδους με χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας ή υψηλότερη επιτόπια διαθεσιμότητα φωτοβολταϊκών.

Οι ΒΔΕ UC-AT-02 αξιολογούν τη δυνητική χρήση της βιομηχανικής ευελιξίας σε μια πιθανή μελλοντική αγορά ευελιξίας σε επίπεδο διανομής. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει επί του παρόντος τέτοια αγορά στην Αυστρία και δεν υπάρχουν διαθέσιμα πραγματικά αιτήματα ΔΣΔ ή δεδομένα περιορισμών δικτύου για συγκεκριμένες τοποθεσίες, οι εν λόγω ΒΔΕ θα αξιολογούνται με τη χρήση αντιπροσωπευτικών σεναρίων. Μετρούν τη βιομηχανική ευελιξία που είναι δυνητικά διαθέσιμη για χρήση σε επίπεδο διανομής, τη διαθεσιμότητά της όταν προκύπτει μια υποτιθέμενη ανάγκη ευελιξίας και το μερίδιο αυτής της υποτιθέμενης ανάγκης που θα μπορούσε ενδεχομένως να καλυφθεί.

Για το UC-AT-03, οι ΒΔΕ αξιολογούν κατά πόσον η διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία πληροί τις καθορισμένες απαιτήσεις για χρήση σε επίπεδο ΔΣΔ, χρήση σε επίπεδο ΔΣΜ ή και για τα δύο. Ένας δεύτερος δείκτης εξετάζει κατά πόσον η ευελιξία που είναι δυνητικά κατάλληλη και για τα δύο επίπεδα μπορεί να κατανεμηθεί χωρίς διπλή δέσμευση και χωρίς να παραβιάζονται οι περιορισμοί των βιομηχανικών διεργασιών. Οι εν λόγω ΒΔΕ βασίζονται στη σύγκριση των χαρακτηριστικών ευελιξίας πιλοτικής εγκατάστασης με τις σχετικές απαιτήσεις που προσδιορίζονται μέσω της έρευνας, της ανταλλαγής γνώσεων και της ανάπτυξης σεναρίων. Δεν μετρούν την πραγματική συμμετοχή σε αγορές ΔΣΔ ή ΔΣΜ.

Οι KPI εκχωρούνται σε μεμονωμένες περιπτώσεις χρήσης, επειδή κάθε περίπτωση χρήσης αντιμετωπίζει έναν ξεχωριστό στόχο αξιολόγησης. Ωστόσο, βασίζονται σε ένα κοινό σύνολο υποκείμενων παραμέτρων παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, των συνθηκών διεργασίας, της διαθέσιμης ευέλικτης ισχύος και ενέργειας, της διάρκειας ευελιξίας, των πληροφοριών παραγωγής και αποθήκευσης φωτοβολταϊκών. Οι γραμμές βάσης, τα αντιπροσωπευτικά σενάρια και οι λεπτομερείς περίοδοι παρακολούθησης θα καθοριστούν περαιτέρω κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εγκατάστασης και της βασικής παρακολούθησης.

ΠΊΝΑΚΑΣ 45: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #2 - ΑΠΟΘΕΤΗΡΙΟ KPI

Κατηγορία KPI	ΒΔΕ	Σχετικές περιπτώσεις χρήσης	Μέθοδος Μέτρησης / Υπολογισμού	Παράμετροι / Κατάσταση παρακολούθησης
Οικονομικός αντίκτυπος	**Δυνατότητα εξοικονόμησης κόστους ηλεκτρικής ενέργειας** – Δυνητική μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας μέσω βελτιστοποιημένης χρήσης της βιομηχανικής ευελιξίας. **Μονάδα: % / EUR**	UC-AT-01	Σύγκριση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τα προφίλ αναφοράς και βελτιστοποιημένα προφίλ φορτίου με χρήση των ίδιων τιμών επόμενης ημέρας.	Απαιτούνται προφίλ φόρτωσης και τιμές επόμενης ημέρας.
Απόδοση ευελιξίας	**Ευέλικτη μετατόπιση φορτίου σε ευνοϊκές περιόδους** – Η ευέλικτη κατανάλωση προσδιορίζεται για μετατόπιση σε περιόδους με χαμηλότερες τιμές ή/και υψηλότερη διαθεσιμότητα φωτοβολταϊκών. **Μονάδα: % / kWh**	UC-AT-01	Ποσότητα και μερίδιο της ευέλικτης κατανάλωσης σε σύγκριση με την πράξη αναφοράς.	Απαιτούνται προφίλ φορτίου, πληροφορίες τιμής ή φωτοβολταϊκών και όρια ευελιξίας.
Απόδοση ευελιξίας	**Δυνατότητα βιομηχανικής ευελιξίας για χρήση σε επίπεδο διανομής** – Ευέλικτη ισχύς και ενέργεια δυνητικά διαθέσιμη για μια πιθανή μελλοντική αγορά DSO. **Μονάδα: kW / kWh**	UC-AT-02	Προσδιορισμός τεχνικά και λειτουργικά εφικτής ευέλικτης ισχύος και ενέργειας.	Απαιτείται βιομηχανικό φορτίο, διάρκεια ευελιξίας και περιορισμοί διαδικασίας.
Δυνατότητα υποστήριξης πλέγματος	**Δυνητική συμβολή στις υποτιθέμενες ανάγκες ευελιξίας σε επίπεδο διανομής** – Μερίδιο μιας υποτιθέμενης ανάγκης ευελιξίας που θα μπορούσε δυνητικά να καλυφθεί. **Μονάδα: %**	UC-AT-02	Διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία διαιρούμενη με την υποτιθέμενη ανάγκη ευελιξίας.	Απαιτείται αντιπροσωπευτική ευελιξία και διαθέσιμη βιομηχανική ευελιξία.
Καταλληλότητα ευελιξίας	**Καταλληλότητα της βιομηχανικής ευελιξίας για συμμετοχή σε επίπεδο ΔΣΜ** — Αξιολόγηση του κατά πόσον η προσδιορισθείσα βιομηχανική ευελιξία θα μπορούσε να πληροί τις	UC-AT-03	Σύγκριση των προσδιορισμένων όρων βιομηχανικής ευελιξίας και συμμετοχής με τις απαιτήσεις επιλεγμένων	Απαιτούνται χαρακτηριστικά βιομηχανικής ευελιξίας και σχετικές τεχνικές και κανονιστικές απαιτήσεις,

	σχετικές τεχνικές και επιχειρησιακές απαιτήσεις και απαιτήσεις πρόσβασης στην αγορά για επιλεγμένες υπηρεσίες ευελιξίας των ΔΣΜ. **Μονάδα: ποιοτική αξιολόγηση / % εφόσον είναι ποσοτικοποιήσιμη**		υπηρεσιών ευελιξίας των ΔΣΜ.	απαιτήσεις συγκέντρωσης και πρόσβασης στην αγορά.

4.2.3 Πιλοτική Τοποθεσία #3: Βουλγαρο-Ελληνική Πιλοτική Εφαρμογή

Επισκόπηση KPI πιλοτικού έργου **– PS#3**

Το σύνολο KPI που ορίστηκε για το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας καλύπτει δύο συμπληρωματικά επίπεδα. Το πρώτο είναι το επίπεδο περίπτωσης χρήσης, που προκύπτει απευθείας από τους στόχους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα των UC-BGGR-01 και UC-BGGR-02, όπως ορίζεται στην Ενότητα 3.2.3. Περιλαμβάνει έναν οικονομικό δείκτη, έναν δείκτη ευελιξίας-απόδοσης και έναν δείκτη αντίκτυπου στο σύστημα. Οι δύο πρώτοι είναι κοινοί και στις δύο περιπτώσεις χρήσης, καθώς και οι δύο επιδιώκουν τον ίδιο οικονομικό στόχο μέσω του ίδιου μηχανισμού μετατόπισης της ζήτησης. Το τρίτο ισχύει μόνο για το UC-BGGR-02, επειδή η διασυνοριακή ανταλλαγή ενέργειας δεν έχει αντίστοιχο στη διαμόρφωση εντός συνόρων

Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει τους δείκτες σε επίπεδο έργου βάσει των οποίων αξιολογείται το πιλοτικό πρόγραμμα στο πλαίσιο του LIFE: εξοικονόμηση πρωτογενούς και τελικής ενέργειας, παραγωγή ΑΠΕ, μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και σωρευτικές επενδύσεις στη βιώσιμη ενέργεια. Οι δείκτες αυτοί ισχύουν για το πιλοτικό πρόγραμμα στο σύνολό του και όχι για ένα μεμονωμένο Use Case και υπολογίζονται στο σύνολο των δύο βιομηχανικών περιοχών, με την κατανομή μεταξύ STOMANA και HELLENiQ να ακολουθεί τη βασική κατανάλωση δικτύου που αναφέρεται για το καθένα.

Δεδομένου ότι ούτε το συγκεντρωτικό σχήμα εντός συνόρων ούτε το διασυνοριακό λειτουργεί επί του παρόντος ως οντότητα υποβολής προσφορών, όλοι οι ΒΔΕ περίπτωσης χρήσης θα αξιολογηθούν συγκρίνοντας το βελτιστοποιημένο συγκεντρωτικό χρονοδιάγραμμα με μια βάση αναφοράς διατήρησης της υφιστάμενης κατάστασης. Αυτή η γραμμή βάσης δεν είναι ακόμη διαθέσιμη: θα καθοριστεί κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εγκατάστασης και της παρακολούθησης των δεδομένων βάσης στην Εργασία T5.1 και η ίδια η αξιολόγηση θα πραγματοποιηθεί στην Εργασία T5.4. Σύμφωνα με τη ροή της διαδικασίας που καθορίζεται και για τις δύο περιπτώσεις χρήσης στην ενότητα 3.2.3, η αξιολόγηση αυτών των ΒΔΕ πραγματοποιείται από τους εταίρους της κοινοπραξίας υπό την ηγεσία του UPAT. Ως εκ τούτου, οι παράμετροι παρακολούθησης που παρατίθενται κατωτέρω κάνουν διάκριση μεταξύ των πληροφοριών που είναι ήδη διαθέσιμες από την πιλοτική έρευνα και των στοιχείων που δεν έχουν ακόμη καθοριστεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 46: ΠΙΛΟΤΙΚΌ #3 - ΑΠΟΘΕΤΉΡΙΟ KPI

Κατηγορία KPI	ΒΔΕ	Σχετικές περιπτώσεις χρήσης	Μέθοδος Μέτρησης / Υπολογισμού	Παράμετροι / Κατάσταση παρακολούθησης

Οικονομικός αντίκτυπος	Συνολική μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (ενέργειας και εξισορρόπησης) για τον βιομηχανικό συνεργατικό σχηματισμό [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Διαφορά μεταξύ του συνδυασμένου κόστους ενέργειας επόμενης ημέρας και ενέργειας εξισορρόπησης της συγκεντρωτικής ομάδας στο πλαίσιο της βελτιστοποιημένης στρατηγικής υποβολής προσφορών και στο πλαίσιο του σεναρίου βάσης διατήρησης της υφιστάμενης κατάστασης, εκφραζόμενη ως ποσοστό του κόστους αναφοράς.	Διαθέσιμα: μετρημένη κατανάλωση σε 15 λεπτά (STOMANA SofiaMed και ETEM Gestamp) και ωριαία (HELLENiQ) λεπτομέρεια. Τιμές αγοράς IBEX και ESO, συν τιμές HEnEx και IPTO για UC-BGGR-02. Θα καθοριστεί: βάση διατήρησης της υφιστάμενης κατάστασης (T5.1).
Απόδοση ευελιξίας	Ποσότητα μετατοπιζόμενης ζήτησης [MWh]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Όγκος ενέργειας που μετατοπίζεται χρονικά σε σχέση με το βασικό προφίλ κατανάλωσης, υπολογιζόμενος από τα μετρηθέντα προφίλ των συμμετεχόντων στοιχείων ενεργητικού κατά την περίοδο αξιολόγησης. Η σύμβαση συνάθροισης μεταξύ των στοιχείων ενεργητικού πρέπει να καθορίζεται στο σημείο αναφοράς 2.4 και να εφαρμόζεται στο σημείο αναφοράς 5.4.	Διαθέσιμα: μετρημένα προφίλ και περιβάλλουσες (όρια) λειτουργίας ανά αρχέτυπο. Να καθοριστεί: επικυρωμένη ευέλικτη χωρητικότητα ανά περιουσιακό στοιχείο, η οποία εξακολουθεί να υπόκειται σε επιβεβαίωση ορίου διαδικασίας από τις πιλοτικές τοποθεσίες.
Επιπτώσεις στο σύστημα	Ποσότητα ενέργειας που αποτελεί αντικείμενο διασυνοριακών συναλλαγών [MWh]	UC-BGGR-02	Όγκος ενέργειας που έχει προγραμματιστεί μέσω της διασύνδεσης BG–GR ως αποτέλεσμα των διασυνοριακών προσφορών ευελιξίας, αθροιζόμενος κατά την περίοδο αξιολόγησης.	Προς καθορισμό: περιθώρια δυναμικότητας διασύνδεσης που πρέπει να παρέχονται από τον ESO και τον ΑΔΜΗΕ · σύμβαση κατανομής για έμμεση διασυνοριακή συμμετοχή μέσω πιστοποιημένου φορέα συγκέντρωσης.
Ενεργειακή απόδοση (ΒΔΕ 2 του έργου)	Εξοικονόμηση τελικής ενέργειας [MWh/έτος]	Πιλοτικό επίπεδο (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του CINEA: κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο μετρούμενη ή/και	Προς καθορισμό: βασική μέτρηση στην Εργασία T5.1. Σημειώνεται η απόκλιση μεταξύ αυτών των βασικών τιμών και της ετήσιας κατανάλωσης που

			εκτιμώμενη πριν και μετά την υλοποίηση. Στόχος 8.500 MWh/έτος κατά τη διάρκεια του έργου, έναντι κατανάλωσης δικτύου πριν από το έργο 850.000 MWh/έτος (STOMANA 540.000; HELLENiQ 310.000) και 25.500 MWh/έτος κατά την πενταετία μετά το έργο.	αναφέρεται στην πιλοτική έρευνα (τμήμα 2.2.3), η οποία πρέπει να αποσαφηνιστεί με τις δύο τοποθεσίες.
Ενεργειακή απόδοση (ΒΔΕ 1 του έργου)	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας [MWh/έτος]	Πιλοτικό επίπεδο (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Τελική εξοικονόμηση ενέργειας πολλαπλασιαζόμενη επί τον τυπικό συντελεστή πρωτογενούς ενέργειας 1,9. Τιμή πρότασης 17 000 MWh/έτος, η οποία αναθεωρήθηκε σε 16 150 MWh/έτος ώστε να συνάδει με την τελική εξοικονόμηση ενέργειας· η τιμή της πρότασης για τα πέντε έτη μετά το έργο είναι 51 000 MWh/έτος και δεν έχει ακόμη αναθεωρηθεί.	Προέρχεται από τον ΒΔΕ 2 του έργου· δεν απαιτείται χωριστή παρακολούθηση.
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (ΒΔΕ 4 του έργου)	Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [tCO_2eq/y]	Πιλοτικό επίπεδο (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου πολλαπλασιαζόμενη επί τον εθνικό συντελεστή εκπομπών (BG 0,508 ή 0,540· GR 0,412 ή 0,502 tCO_2eq/MWh). Στόχος 4.413 tCO_2eq/έτος κατά τη διάρκεια του έργου και 13.239 tCO_2eq/έτος κατά την πενταετία μετά το έργο.	Θα καθοριστεί: κατανομή της εξοικονόμησης 8.500 MWh/έτος μεταξύ των βουλγαρικών και ελληνικών εγκαταστάσεων, η οποία καθορίζει τους ισχύοντες συντελεστές εκπομπών, και επιλογή μεταξύ των δύο τιμών συντελεστών ανά χώρα.
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (ΒΔΕ 3 του έργου)	Παραγωγή ΑΠΕ [MWh/έτος]	Πιλοτικό επίπεδο (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Άμεση μέτρηση της επιτόπιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Στόχος 0 MWh/έτος τόσο κατά τη διάρκεια του έργου όσο και κατά την πενταετία μετά από αυτό.	Δεν αναφέρθηκε επιτόπια παραγωγή ΑΠΕ σε καμία από τις δύο εγκαταστάσεις (ενότητα 2.2.3)· δεν απαιτείται υποδομή παρακολούθησης.

Επενδύσεις (ΒΔΕ 5 του έργου)	Σωρευτικές επενδύσεις στη βιώσιμη ενέργεια [€]	Πιλοτικό επίπεδο (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Άμεση μέτρηση της επένδυσης στην παραγωγή ΑΠΕ και στην ηλεκτρική ευελιξία (παραγωγή, μπαταρίες, παρακολούθηση και έλεγχος). Τιμή πρότασης 0 τόσο κατά τη διάρκεια του έργου όσο και κατά την πενταετία που ακολουθεί αυτό.	Θα επιβεβαιωθεί με τις δύο βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

4.3 Ενοποιημένο Πλαίσιο Αξιολόγησης Απόδοσης

Το πλαίσιο αξιολόγησης των επιδόσεων συγκεντρώνει τους ΒΔΕ που καθορίστηκαν για τις οκτώ περιπτώσεις χρήσης στα τρία πιλοτικά έργα του LEONARDO. Οι δείκτες καλύπτουν τις κύριες τεχνικές, επιχειρησιακές, δικτυακές, οικονομικές, περιβαλλοντικές και ενεργειακές πτυχές της βιομηχανικής ευελιξίας και αντικατοπτρίζουν τους διαφορετικούς στόχους και διαμορφώσεις των επιμέρους πιλοτικών έργων.

Η ενοποιημένη επισκόπηση ομαδοποιεί τους KPIs ανά κατηγορία αξιολόγησης και τους συνδέει με τους αντίστοιχους πιλοτικούς σταθμούς και τις περιπτώσεις χρήσης. Αυτό υπογραμμίζει τους κοινούς τομείς αξιολόγησης σε όλο το LEONARDO, διατηρώντας παράλληλα τους ειδικούς δείκτες που απαιτούνται για την αξιολόγηση των διαφορετικών πόρων ευελιξίας, των μηχανισμών της αγοράς και των επιπέδων συστήματος. Λεπτομερείς ορισμοί, μέθοδοι υπολογισμού και παράμετροι παρακολούθησης παρέχονται στις αντίστοιχες πιλοτικές ενότητες KPI.

ΠΊΝΑΚΑΣ 47: ΕΝΟΠΟΙΗΜΈΝΗ ΕΠΙΣΚΌΠΗΣΗ KPI

Κατηγορία KPI	**Πιλότος**	**Σχετικές περιπτώσεις χρήσης**	**KPIs**
Απόδοση ευελιξίας	Ιταλία	UC-IT- 01	Συγκεντρωτική δυναμικότητα ευελιξίας [MW]· συγκεντρωτικός όγκος ευελιξίας [MWh/έτος]
	Αυστρία	UC-AT-01, UC-AT-02	Ευέλικτη μετατόπιση φορτίου σε ευνοϊκές περιόδους [% / kWh]· Δυνατότητα βιομηχανικής ευελιξίας για χρήση σε επίπεδο διανομής [kW / kWh]
	Βουλγαρία–Ελλάδα	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Ποσότητα μετατοπιζόμενης ζήτησης [MWh]
Λειτουργική απόδοση	Ιταλία	UC-IT- 01	Επιτυχείς ενεργοποιήσεις επί του συνόλου των αιτήσεων [%]; Μέση διάρκεια κύκλου [min]

Αντίκτυπος δικτύου και συστήματος	Ιταλία	UC-IT-02, UC-IT-03	Εξομάλυνση αιχμών και πλήρωση κοιλάδων [MW]· μείωση της τοπικής συμφόρησης από ΑΠΕ [MW]· μείωση των εισαγωγών από το εξωτερικό δίκτυο [MWh/έτος]
	Αυστρία	UC-AT-02	Δυνητική συμβολή στις υποτιθέμενες ανάγκες ευελιξίας σε επίπεδο διανομής [%]
	Βουλγαρία–Ελλάδα	UC-BGGR-02	Ποσότητα ενέργειας που αποτελεί αντικείμενο διασυνοριακών συναλλαγών [MWh]
Καταλληλότητα ευελιξίας	Αυστρία	UC-AT-03	Καταλληλότητα της βιομηχανικής ευελιξίας για συμμετοχή σε επίπεδο ΔΣΜ [ποιοτική αξιολόγηση / % όπου μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά]
Οικονομικός αντίκτυπος	Ιταλία	UC-IT-02, UC-IT-03	Προσομοιωμένα έσοδα από MSD/UVA [EUR/έτος]· έσοδα από αυτοκατανάλωση για το CEDIS [EUR/έτος]· σωρευτικά έσοδα για βιομηχανικούς χρήστες [EUR/έτος]
	Αυστρία	UC-AT-01	Δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους ηλεκτρικής ενέργειας [% / EUR]
	Βουλγαρία–Ελλάδα	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Συνολική μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τον βιομηχανικό συνεργατικό σχηματισμό [%]
Ενεργειακής απόδοσης	Βουλγαρία–Ελλάδα	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Εξοικονόμηση τελικής ενέργειας [MWh/έτος]· Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας [MWh/έτος]
Περιβαλλοντική επίπτωση	Ιταλία	UC-IT-02	Εκτιμώμενη μείωση των εκπομπών από μονάδες εξισορρόπησης που λειτουργούν με αέριο [tCO_2eq/έτος]
	Βουλγαρία–Ελλάδα	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [tCO_2eq/έτος]· Παραγωγή ΑΠΕ [MWh/έτος]
Επενδύσεις	Βουλγαρία–Ελλάδα	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Σωρευτικές επενδύσεις στη βιώσιμη ενέργεια [EUR]

Το ενοποιημένο πλαίσιο KPI παρέχει τη βάση για τον καθορισμό των απαιτούμενων γραμμών βάσης και παραμέτρων παρακολούθησης κατά τη διάρκεια της πιλοτικής προετοιμασίας, την παρακολούθηση της υλοποίησης των περιπτώσεων χρήσης και την αξιολόγηση της απόδοσής τους. Τα αποτελέσματα θα υποστηρίξουν τη σύγκριση των επιτευχθέντων αποτελεσμάτων ή των

αποτελεσμάτων βάσει σεναρίων με τους στόχους που ορίζονται για κάθε πιλοτική εφαρμογή και περίπτωση χρήσης.

5 Ιχνηλασιμότητα και Χρήση Αποτελεσμάτων D2.2

Αυτό το κεφάλαιο δείχνει πώς συνδέονται τα κύρια αποτελέσματα του D2.2 και πώς παρέχουν πληροφορίες για τις επόμενες δραστηριότητες του έργου. Καθιερώνει την ιχνηλασιμότητα από τα χαρακτηριστικά της πιλοτικής τοποθεσίας και τους καταλόγους ευελιξίας μέσω των καθορισμένων περιπτώσεων χρήσης στους αντίστοιχους KPI και τις απαιτήσεις παρακολούθησης. Εξηγεί επίσης πώς αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την τεχνική αρχιτεκτονική, τη διαχείριση δεδομένων, την ανάπτυξη αλγορίθμων, την πιλοτική προετοιμασία, την ενσωμάτωση, τις δοκιμές και την αξιολόγηση της απόδοσης στο πλαίσιο του LEONARDO.

5.1 Χρήση των αποτελεσμάτων στο T2.5 — Τεχνικές απαιτήσεις και αρχιτεκτονικό σχέδιο

Οι πιλοτικές έρευνες, οι προδιαγραφές περιπτώσεων χρήσης και το πλαίσιο KPI παρέχουν τα ειδικά για το πιλοτικό πρόγραμμα στοιχεία που απαιτούνται για την ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής iFAAP και του οδικού χάρτη ολοκλήρωσης στο T2.5. Μαζί με τις απαιτήσεις των ενδιαφερόμενων μερών που καθορίζονται στο T2.1, αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν τη μετατροπή των επιχειρησιακών αναγκών των τριών πιλοτικών εφαρμογών σε λειτουργικές, τεχνικές, απαιτήσεις πληροφοριών και ανάπτυξης.

Οι πιλοτικές έρευνες προσδιορίζουν τα συστήματα και τους πόρους που πρέπει να εκπροσωπούνται ή να συνδέονται, συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου, των ΣΠΔ, των τεχνολογιών παραγωγής και αποθήκευσης, των ευέλικτων βιομηχανικών πόρων, των πηγών δεδομένων και των διαθέσιμων διεπαφών. Περιγράφουν επίσης τους σχετικούς περιορισμούς όσον αφορά τη διαθεσιμότητα δεδομένων, τη διαλειτουργικότητα, τη βιομηχανική λειτουργία, τη συνέχεια της διαδικασίας και τις ικανότητες ελέγχου. Οι πληροφορίες αυτές υποστηρίζουν τον καθορισμό των ορίων του συστήματος, των συνδέσεων δεδομένων και των ειδικών απαιτήσεων ολοκλήρωσης του πιλοτικού προγράμματος.

Οι προδιαγραφές των περιπτώσεων χρήσης περιγράφουν τις προβλεπόμενες ροές εργασίας μεταξύ βιομηχανικών περιουσιακών στοιχείων, συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης, στοιχείων iFAAP και σχετικών παραγόντων της αγοράς ενέργειας ή του δικτύου. Οι λειτουργικές αλληλουχίες τους, οι μεταβλητές εισόδου, οι αναμενόμενες ενέργειες και οι ανταλλαγές πληροφοριών παρέχουν τη βάση για τις λειτουργικές προβολές και τα διαγράμματα ακολουθίας που αναπτύχθηκαν στην Εργασία T2.5. Οι διαφορές μεταξύ επιχειρησιακών, προσομοιωμένων και σεναρίων περιπτώσεων χρήσης υποδεικνύουν επίσης ποιες λειτουργίες και διεπαφές απαιτούνται για κάθε πιλοτική διαμόρφωση.

Το πλαίσιο KPI συμπληρώνει αυτές τις εισροές προσδιορίζοντας τα δεδομένα και τις πληροφορίες παρακολούθησης που απαιτούνται για την αξιολόγηση των περιπτώσεων χρήσης. Υποστηρίζει τον προσδιορισμό των μετρήσεων, των υπολογισμένων αποτελεσμάτων και των ροών πληροφοριών που πρέπει να είναι διαθέσιμες για επακόλουθη παρακολούθηση και αξιολόγηση απόδοσης.

Το T2.5 θα ενοποιήσει αυτές τις εισόδους στην αρχιτεκτονική iFAAP από άκρο σε άκρο. Το αρχιτεκτονικό σχέδιο που θα προκύψει θα καθορίσει τα απαιτούμενα στοιχεία, τις διεπαφές, τις ρυθμίσεις διαλειτουργικότητας και τις προβολές ανάπτυξης ειδικά για τα πιλοτικά έργα. Ο οδικός

χάρτης ενσωμάτωσής του θα καθοδηγήσει στη συνέχεια τις δραστηριότητες ενορχήστρωσης και δημιουργίας πρωτοτύπων στο T5.2 και τις ειδικές για το πιλοτικό πρόγραμμα διαμορφώσεις και αναπτύξεις στο T5.3.

5.2 Χρήση των αποτελεσμάτων στο ΠΕ3 – Διαχείριση και συλλογή δεδομένων

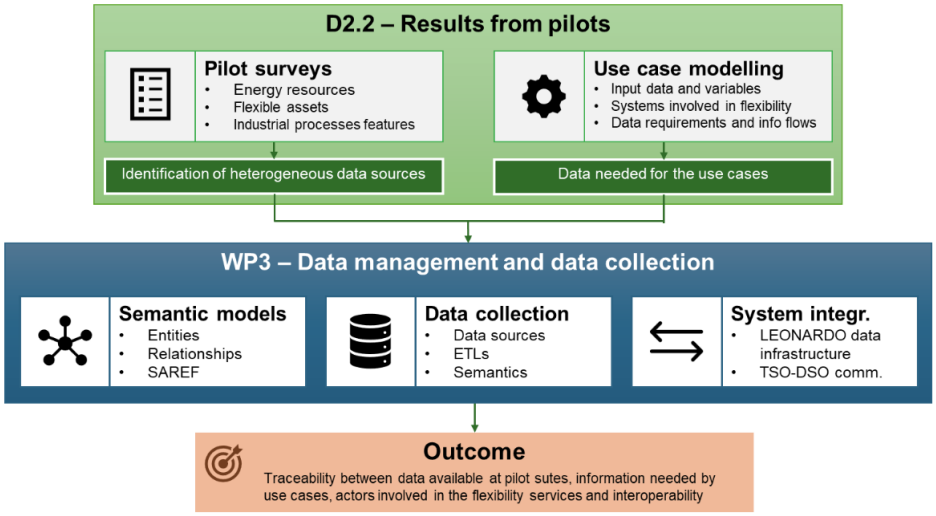
Τα αποτελέσματα των πιλοτικών ερευνών και η μοντελοποίηση συγκεκριμένων περιπτώσεων χρήσης για το πιλοτικό πρόγραμμα παρέχουν άμεση συμβολή στις δραστηριότητες διαχείρισης δεδομένων, συλλογής δεδομένων και διαλειτουργικότητας που πραγματοποιούνται στο ΠΕ3. Οι πιλοτικές έρευνες προσδιορίζουν τους ενεργειακούς πόρους που είναι διαθέσιμοι σε κάθε τοποθεσία, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης, καθώς και των ευέλικτων περιουσιακών στοιχείων, των σχετικών χαρακτηριστικών των βιομηχανικών διεργασιών και των σχετικών πηγών δεδομένων. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν στον εντοπισμό των ετερογενών πηγών δεδομένων που πρέπει να προσπελαστούν, να συλλεχθούν και να ενσωματωθούν στην υποδομή δεδομένων LEONARDO.

Οι προδιαγραφές των περιπτώσεων χρήσης συμπληρώνουν αυτές τις πληροφορίες προσδιορίζοντας τα δεδομένα που απαιτούνται για κάθε σενάριο ευελιξίας. Ειδικότερα, καθορίζουν τα κύρια εισερχόμενα δεδομένα και μεταβλητές, τα συστήματα που εμπλέκονται στην παροχή των υπηρεσιών ευελιξίας και τις ροές πληροφοριών μεταξύ τους.

Στην Εργασία T3.1, οι εισροές αυτές υποστηρίζουν τον ορισμό και την προσαρμογή των κοινών σημασιολογικών μοντέλων προσδιορίζοντας τις κύριες οντότητες που πρέπει να εκπροσωπούνται. Τα περιουσιακά στοιχεία, οι διαδικασίες, οι μετρήσεις και οι ανταλλαγές πληροφοριών που προσδιορίζονται στις πιλοτικές εφαρμογές και τις περιπτώσεις χρήσης παρέχουν τη βάση για τον καθορισμό των αντίστοιχων εννοιών και σχέσεων. Αυτά ευθυγραμμίζονται, κατά περίπτωση, με το SAREF και τις επεκτάσεις του για να παρέχουν μια εναρμονισμένη αναπαράσταση των ετερογενών πιλοτικών δεδομένων εντός του πλαισίου σημασιολογικής διαλειτουργικότητας του LEONARDO.

Στο T3.2, οι πληροφορίες σχετικά με τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων, τις διεπαφές επικοινωνίας και τα χαρακτηριστικά δεδομένων χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των μηχανισμών που απαιτούνται για τη συλλογή δεδομένων και τη σημασιολογική ολοκλήρωση. Οι διεπαφές και οι πηγές δεδομένων που προσδιορίζονται μέσω των πιλοτικών ερευνών υποστηρίζουν τη διαμόρφωση των απαιτούμενων συνδέσμων παρτίδας και ροής και των διαδικασιών ETL. Ταυτόχρονα, οι απαιτήσεις δεδομένων που προσδιορίζονται στις περιπτώσεις χρήσης καθοδηγούν τον μετασχηματισμό και τη σημασιολογική χαρτογράφηση των συλλεγόμενων δεδομένων στην κοινή αναπαράσταση δεδομένων LEONARDO.

Τέλος, τα συστήματα, οι φορείς και οι ανταλλαγές πληροφοριών που προσδιορίζονται στις περιπτώσεις χρήσης είναι επίσης σημαντικά για την Εργασία T3.3, ιδίως για την ενοποίηση της υποδομής δεδομένων LEONARDO με υφιστάμενα βιομηχανικά και ενεργειακά συστήματα και με εξωτερικούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των παλαιών ΣΠΔ και των σχετικών ΔΣΜ, ΔΣΔ και διεπαφών αγοράς. Συνολικά, το D2.2 για την Εργασία T3.3 παρέχει τη σύνδεση μεταξύ των δεδομένων που είναι διαθέσιμα στις πιλοτικές τοποθεσίες, των πληροφοριών που απαιτούνται για την υλοποίηση των περιπτώσεων χρήσης, των φορέων που εμπλέκονται στις υπηρεσίες ευελιξίας και των μηχανισμών διαλειτουργικότητας και ολοκλήρωσης συστημάτων που εξετάζονται στο ΠΕ3.



ΕΙΚΌΝΑ 4: ΕΠΙΣΚΌΠΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΈΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΎ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΆΤΩΝ ΤΟΥ D2.2 ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕ3

5.3 Χρήση Αποτελεσμάτων στο ΠΕ4 – Αλγόριθμοι και Υπηρεσίες

Αυτή η ενότητα θα περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο οι καθορισμένες περιπτώσεις χρήσης και οι σχετικές πιλοτικές απαιτήσεις παρέχουν στοιχεία για την ανάπτυξη αλγορίθμων και υπηρεσιών στο ΠΕ4. Οι πιλοτικές έρευνες και τα αποτελέσματα μοντελοποίησης περιπτώσεων χρήσης παρέχουν σχετικές εισροές για την προσαρμογή των αλγορίθμων και των λύσεων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του ΠΕ4 στα ειδικά χαρακτηριστικά και τους στόχους των πιλοτικών ομάδων LEONARDO.

Πρώτον, το **Πλαίσιο Αγοράς και Συστήματος** των Περιπτώσεων Χρήσης, ιδιαίτερα οι στοχευμένες αγορές και οι μηχανισμοί ευελιξίας, υποστηρίζει τον προσδιορισμό των σχετικών τιμών αγοράς που πρέπει να προβλεφθούν στο πλαίσιο της Εργασίας 4.2. Επιπλέον, οι κανόνες της αγοράς που σχετίζονται με τις επιλεγμένες αγορές παρέχουν το απαραίτητο πιλοτικό πλαίσιο για τον καθορισμό των κατάλληλων περιορισμών της αγοράς στο πλαίσιο των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων μοντέλων βελτιστοποίησης που αναπτύχθηκαν στην Εργασία 4.3 και στην Εργασία 4.4, αντίστοιχα.

Δεύτερον, οι **επιτόπιες τεχνολογίες παραγωγής και αποθήκευσης που** προσδιορίζονται σε κάθε πιλοτική τοποθεσία μέσω των πιλοτικών ερευνών υποστηρίζουν τον προσδιορισμό των τεχνολογιών ΑΠΕ για τις οποίες απαιτούνται ειδικές προβλέψεις παραγωγής για πιλοτικά έργα στο πλαίσιο της Εργασίας 4.1.

Τέλος, τα **ευέλικτα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία και οι διαδικασίες** που εντοπίστηκαν στις πιλοτικές εφαρμογές αντιστοιχίζονται στις αντίστοιχες κατηγορίες αρχέτυπων ευελιξίας**.** Αυτή η κατηγοριοποίηση θα χρησιμοποιηθεί για τη διατύπωση των μαθηματικών λειτουργικών περιορισμών των αντίστοιχων αρχέτυπων ευελιξίας στην Εργασία 4.1, τα οποία στη συνέχεια θα παρασχεθούν ως είσοδοι στα μοντέλα βελτιστοποίησης των Εργασιών 4.3 & 4.4.

5.4 Χρήση των αποτελεσμάτων στο ΠΕ5 – Πιλοτική εγκατάσταση, ενσωμάτωση, δοκιμή και αξιολόγηση απόδοσης

Τα αποτελέσματα του D2.2 παρέχουν μια άμεση βάση για την προετοιμασία, τη διαμόρφωση, τη δοκιμή, την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των τριών πιλοτικών εφαρμογών LEONARDO στο ΠΕ5. Οι πιλοτικές απογραφές καθορίζουν τις διαθέσιμες υποδομές και τους πόρους ευελιξίας, οι περιπτώσεις χρήσης καθορίζουν τις εφαρμογές που πρέπει να εφαρμοστούν ή να αξιολογηθούν και το πλαίσιο KPI καθορίζει τις αντίστοιχες απαιτήσεις παρακολούθησης και αξιολόγησης.

Στο T5.1, τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας θα υποστηρίξουν την προετοιμασία των επιμέρους πιλοτικών τοποθεσιών. Τα προσδιορισμένα συστήματα παρακολούθησης, οι διεπαφές, τα ευέλικτα στοιχεία και η διαθεσιμότητα δεδομένων θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της ανάγκης για πρόσθετους αισθητήρες, ενεργοποιητές, πύλες, πλατφόρμες, πρωτόκολλα ή άλλες προσαρμογές. Οι απαιτήσεις παρακολούθησης KPI θα καθοδηγήσουν τη συλλογή βασικών δεδομένων και την ανάπτυξη προφίλ βιομηχανικής κατανάλωσης πριν από το LEONARDO. Αυτές οι γραμμές βάσης θα παρέχουν την αναφορά για την επακόλουθη αξιολόγηση των πιλοτικών αποτελεσμάτων.

Στο T5.2, ο οδικός χάρτης ολοκλήρωσης που αναπτύχθηκε στο T2.5 θα χρησιμοποιηθεί για να συνδυάσει τα στοιχεία iFAAP που αναπτύχθηκαν στο WP3 και WP4 σε ένα κοινό πρωτότυπο. Τα πιλοτικά χαρακτηριστικά και οι ροές εργασίας Use Case που ορίζονται στο D2.2 θα υποστηρίξουν τη διαμόρφωση των απαιτούμενων συνδυασμών εξαρτημάτων και την αλληλεπίδρασή τους με βιομηχανικά EMS, διεπαφές αγοράς και υπάρχοντα στοιχεία παρακολούθησης. Το T5.2 θα διεξάγει επίσης μικρής κλίμακας προ-πιλοτικές δοκιμές, χρησιμοποιώντας συνθετικά ή εικονικά δεδομένα όπου χρειάζεται, για να επαληθεύσει την ενορχήστρωση και τη λειτουργία του ολοκληρωμένου πρωτοτύπου υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και πιθανές αστοχίες του συστήματος. Η αρθρωτή δομή του iFAAP θα επιτρέψει την προετοιμασία συγκεκριμένων περιπτώσεων για τον πιλότο για ανάπτυξη στο T5.3.

Στην Εργασία T5.3, οι περιπτώσεις χρήσης θα παρέχουν τη βάση για τη διαμόρφωση, την εγκατάσταση και τη δοκιμή των σχετικών συνιστωσών του LEONARDO ειδικά για το πιλοτικό πρόγραμμα. Τα συστήματα, τα δεδομένα εισόδου, η επιχειρησιακή λογική και οι περιορισμοί που περιγράφονται στο σημείο 2.2 θα καθοδηγούν την υλοποίηση των αντίστοιχων σεναρίων. Ανάλογα με την ωριμότητα και το πεδίο εφαρμογής κάθε περίπτωσης χρήσης, οι δραστηριότητες μπορεί να περιλαμβάνουν επιχειρησιακές δοκιμές, προσομοίωση ή αξιολόγηση βάσει σεναρίων. Οι σχετικοί ΒΔΕ και οι παράμετροι παρακολούθησης θα χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της υλοποίησης και την τεκμηρίωση των τεχνικών, επιχειρησιακών, οικονομικών και συστημικών επιπτώσεων που προκύπτουν.

Στο T5.4, τα αποτελέσματα παρακολούθησης από το T5.3 θα συγκριθούν με τις γραμμές βάσης που καθορίστηκαν στο T5.1 και θα αξιολογηθούν με βάση το πλαίσιο KPI που ορίζεται στο T2.2. Η αξιολόγηση θα καλύψει τη γραμμή βάσης πριν από το LEONARDO, την απόδοση μετά την ανάπτυξη των σχετικών στοιχείων του iFAAP και τις παραμέτρους που απαιτούνται για την αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων. Τα αποτελέσματα του KPI θα συμβάλουν στην τεχνοοικονομική αξιολόγηση, την περιβαλλοντική αξιολόγηση και την ανάλυση επεκτασιμότητας και αναπαραγωγής που προβλέπονται στο T5.4. Μέσω αυτής της αλληλουχίας, το D2.2 συνδέει

τον αρχικό χαρακτηρισμό των πιλοτικών τοποθεσιών με την τεχνική ολοκλήρωση, την ειδική για το πιλοτικό πρόγραμμα εφαρμογή και την τελική αξιολόγηση της απόδοσης των λύσεων LEONARDO.

Συμπεράσματα

Αυτό το Παραδοτέο ενοποιεί τα αποτελέσματα των πιλοτικών ερευνών, της μοντελοποίησης συγκεκριμένων περιπτώσεων χρήσης και της ανάπτυξης KPI που πραγματοποιήθηκαν στα T2.3 και T2.4. Παρέχει μια δομημένη περιγραφή των τριών πιλοτικών προγραμμάτων LEONARDO, των βιομηχανικών διεργασιών και των ενεργειακών συστημάτων τους, των διαθέσιμων πόρων ευελιξίας και των τεχνικών και λειτουργικών συνθηκών που επηρεάζουν τη χρήση τους.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκαλύπτουν ουσιαστικά διαφορετικές διαμορφώσεις ευελιξίας μεταξύ των πιλοτικών προγραμμάτων. Το ιταλικό πιλοτικό πρόγραμμα ενσωματώνει κατανεμημένα βιομηχανικά φορτία, παραγωγή, αποθήκευση ενέργειας, υδρογόνο και πόρους ηλεκτρικής κινητικότητας σε μια τοπική περιοχή διανομής. Το αυστριακό πιλοτικό ενσωματώνει ευελιξία βάσει διεργασιών σε δύο εγκαταστάσεις της βιομηχανίας τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών άλεσης και παραγωγής, ψύξης και ψυκτικής αποθήκευσης, που συμπληρώνονται από επιτόπια παραγωγή φωτοβολταϊκών και αποθήκευση μπαταριών. Το πιλοτικό πρόγραμμα Βουλγαρίας-Ελλάδας ενσωματώνει μεγάλες βιομηχανικές διεργασίες έντασης ηλεκτρικής ενέργειας, με δυνατότητα συγκέντρωσης ευελιξίας τόσο σε εθνικό όσο και σε διασυνοριακό επίπεδο.

Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά, ορίστηκαν οκτώ πιλοτικά ειδικά Use Cases. Καλύπτουν τη συγκέντρωση και τον συντονισμό των κατανεμημένων πόρων, την ευέλικτη απόκριση στις τιμές επόμενης ημέρας, τη συμμετοχή σε εθνικούς μηχανισμούς εξισορρόπησης, πιθανούς μελλοντικούς μηχανισμούς ευελιξίας σε επίπεδο διανομής και τον εθνικό, πολυεπίπεδο και διασυνοριακό συντονισμό της βιομηχανικής ευελιξίας. Τα Use Cases αντικατοπτρίζουν διαφορετικά επίπεδα τεχνικής ωριμότητας και ωριμότητας της αγοράς και, ως εκ τούτου, συνδυάζουν επιχειρησιακές, αναλυτικές, προσομοιωμένες και βασισμένες σε σενάρια προσεγγίσεις.

Το πλαίσιο KPI συνδέει κάθε περίπτωση χρήσης με δείκτες που αντικατοπτρίζουν τους στόχους και τα αναμενόμενα αποτελέσματά της. Οι επιλεγμένοι KPI καλύπτουν την ευελιξία και τις λειτουργικές επιδόσεις, τις επιπτώσεις στο δίκτυο και το σύστημα, τις οικονομικές επιπτώσεις, την καταλληλότητα ευελιξίας, την ενεργειακή απόδοση, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις επενδύσεις. Παρέχουν τη βάση για τον καθορισμό των γραμμών βάσης και των απαιτήσεων παρακολούθησης, την παρακολούθηση της υλοποίησης της περίπτωσης χρήσης και την αξιολόγηση των επιτευχθέντων αποτελεσμάτων ή των αποτελεσμάτων βάσει σεναρίων κατά τις επόμενες πιλοτικές δραστηριότητες.

Τα αποτελέσματα του Π2.2 παρέχουν ειδικά για τον πιλότο στοιχεία για τις τεχνικές απαιτήσεις και το αρχιτεκτονικό σχέδιο του iFAAP στο T2.5, τις δραστηριότητες διαχείρισης δεδομένων και διαλειτουργικότητας στο ΠΕ3 και τις υπηρεσίες πρόβλεψης και βελτιστοποίησης στο ΠΕ4. Θα υποστηρίξουν επίσης την πιλοτική προετοιμασία και την παρακολούθηση της βασικής γραμμής στο T5.1, την ενσωμάτωση και τη δημιουργία πρωτοτύπων του iFAAP στο T5.2, την ανάπτυξη και παρακολούθηση ειδικά για το πιλοτικό πρόγραμμα στο T5.3 και την ολιστική αξιολόγηση της απόδοσης στο T5.4.

Συνολικά, το D2.2 δημιουργεί μια κοινή και ανιχνεύσιμη βάση για τη μετάφραση των διαφορετικών πόρων βιομηχανικής ευελιξίας των τριών πιλοτικών εφαρμογών σε καθορισμένες

περιπτώσεις χρήσης, μετρήσιμους δείκτες απόδοσης και επακόλουθες τεχνικές και πιλοτικές δραστηριότητες στο πλαίσιο του LEONARDO.

LEONARDO

Numero progetto: 101215528

Acronimo del Progetto: LEONARDO

D2.2 - UC e prestazioni specifiche per piloti

Definizione del quadro di valutazione

Data: 29-10-2026

Autore: Andrea Moser

Questo progetto ha ricevuto finanziamenti dal programma LIFE dell'Unione Europea in base all'accordo di sovvenzione n. 101215528.

Dettagli del contratto del progetto

Titolo del progetto	fLessibility sErvices prOvision eNAbled fRom aggregato in Dustrial prOsumers
Acronimo del Progetto	LEONARDO
Accordo di Concessione n.	101215528
Data di inizio del progetto	1 settembre 2025
Data di fine progetto	31 agosto 2028
Durata	36 mesi
Sito web	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Dettagli della consegna

Numero	2.2
Titolo	UC e prestazioni specifiche per il pilota Definizione del quadro di valutazione
Pacchetto di lavoro	2
Livello di diffusione[1]	PU
Data prevista	31-08-2026
Data di presentazione	29-10-2026
Responsabile del deliverable	EEE
Autori collaboratori	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE), Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Dimitris Katsikas (Stomana), Grigoris Dimopoulos (Stomana), Michaela Papageorgiou

[1] PU = Pubblico
CO = Riservato, solo per i membri del consorzio (inclusi i Servizi Commissionari)

	(HelleniQ), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)
Recensitori	UPAT, STOMANA
Revisione finale e approvazione della qualità	29/10-2026

STORIA DEL DOCUMENTO

DATA	VERSIONE	NOME	CAMBIAMENTI
24-07-2026	0.1	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	ToC
11-09-2026	0.2	Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)	Integrazione dei leader WP e contributi del pilota
18-09-2026	0.3	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Versione prima bozza
01-10-2026	1.0	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Versione finale dopo recensione

Disclaimer

Copyright © 2025 LEONARDO Consortium partners. Tutti i diritti riservati.

LEONARDO è un progetto LIFE, supportato dalla Commissione Europea sotto contratto n°101215528. Per maggiori informazioni sul progetto, sui suoi partner e sulle sue attività, si prega di contattare infoleonardo@fbk.eu. Non è consentita la copia o la distribuzione, in nessuna forma o mezzo, senza il previo accordo scritto del titolare dei diritti di proprietà.

Le opinioni e i punti di vista espressi sono però solo dell'autore o degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione Europea o della CINEA. Né l'Unione Europea né l'autorità che concede il riconoscimento possono essere ritenuti responsabili per essi. La responsabilità delle informazioni e delle opinioni espresse in quanto espresso ricade interamente sull'autore o autori.

Sommario esecutivo

Il Deliverable D2.2 definisce i Casi d'Uso specifici per il pilota e il corrispondente quadro di valutazione delle prestazioni per i tre Siti Pilota LEONARDO in Italia, Austria e Bulgaria/Grecia. Consolida i risultati delle indagini pilota effettuate nel Task 2.3 e le attività di definizione KPI svolte nel Task 2.4.

Le indagini pilota identificano differenze sostanziali tra i tre progetti pilota in termini di settori industriali, scala, risorse di flessibilità disponibili, contesto di rete e mercato, infrastrutture di controllo e disponibilità di dati. Il pilota italiano combina carichi industriali con generazione distribuita, batterie di accumulo, idrogeno e risorse di mobilità elettrica all'interno di un'area di distribuzione locale. Il pilota austriaco copre due siti dell'industria alimentare le cui principali risorse di flessibilità includono il processo di macinatura e altri carichi di produzione, refrigerazione e stoccaggio a freddo, generazione fotovoltaica e batterie di accumulo. Il pilota bulgaro-greco riguarda la produzione di acciaio e polipropilene ad alta intensità elettrica, con flessibilità legata a pochi carichi industriali energivori.

Otto Casi d'Uso specifici per il pilota sono stati modellati utilizzando una struttura comune. Il pilota italiano affronta l'aggregazione della flessibilità industriale, della partecipazione al mercato nazionale di bilanciamento e dell'operatività di un mercato locale di flessibilità. Il pilota austriaco indaga la risposta flessibile ai prezzi Day-Forward, il potenziale utilizzo della flessibilità industriale in un possibile mercato futuro a livello di distribuzione della flessibilità. Il pilota bulgaro-greco valuta l'aggregazione in-frontiera in Bulgaria e l'aggregazione transfrontaliera tra le aree di mercato bulgaro e greco.

Il framework KPI traduce gli obiettivi e gli esiti attesi dei Casi d'Uso in indicatori misurabili. A seconda della maturità e dell'ambito del rispettivo Caso d'Uso, i KPI saranno valutati utilizzando dati monitorati, confronti con operazioni di riferimento o business-as-usual e scenari rappresentativi. Gli indicatori coprono flessibilità e performance operative, impatti su rete e sistema, effetti economici, adeguatezza della flessibilità, efficienza energetica, impatti ambientali e investimenti.

I profili pilota risultanti, le specifiche dei Casi d'Uso e i repository KPI forniscono una base comune per la definizione dei requisiti tecnici e dell'architettura iFAAP nel Task 2.5, le attività di gestione dei dati e interoperabilità in WP3, lo sviluppo di servizi di previsione e ottimizzazione in WP4 e le attività di preparazione, integrazione, prototipazione, test, monitoraggio e valutazione delle prestazioni del pilota in WP5.

Abbreviazioni

ARERA – Autorità Regolatoria Italiana per l'Energia, le Reti e l'Ambiente
BESS – Sistema di Accumulo di Energia a Batteria
BRP – Parte Responsabile Bilanciata
BSP – Fornitore di Servizi di Bilanciamento
COP – Coefficiente di Prestazione
DAM – Mercato Diurno
DER – Risorsa Energetica Distribuita
DSF – Flessibilità lato domanda
DSO – Operatore del Sistema di Distribuzione
EAF – Forno ad Arco Elettrico
EMS – Sistema di Gestione dell'Energia
ESCO – Società di Servizi Energetici
ETL – Estrazione, Trasformazione, Carico
FOET – Tonnellata equivalente olio combustibile
HVAC – Riscaldamento, Ventilazione e Aria Condizionata
iFAAP – Piattaforma di Attivazione e Aggregazione della Flessibilità Industriale
KPI – Indicatore Chiave di Prestazione
LF – Forno a Mestolo
LFM – Mercato Locale della Flessibilità
MASE – Ministero italiano dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
MLF – Mercato per la flessibilità locale
MSD – Mercato dei Servizi di Dispacciamento
PS – Sito Pilota
RES – Fonti di Energia Rinnovabile
SAREF – Smart Applications REFerence Ontology
SCADA – Controllo Supervisore e Acquisizione Dati
SGAM – Modello di Architettura Smart Grid
SOC – Stato di Comando
TSO – Operatore del Sistema di Trasmissione
UC – Caso d'Uso
UVA – Unità Virtuale Abilitata
UVAM – Unità Virtuale Abilitata Mista

Indice

Indice 7
1 INTRODUZIONE 9
1.1 Scopo e Portata del Deliverable 9
1.2 Contributo agli obiettivi e alle tappe del WP2 9
1.3 Relazione con altri compiti e pacchetti di lavoro LEONARDO 9
1.4 Struttura del Deliverable 10
2 Indagine pilota e caratterizzazione del Sito Pilota 11
2.1 Approccio, ambito e struttura del Pilot Survey 11
2.2 Risultati del sondaggio pilota 11
2.2.1 Sito Pilota #1: Risultati del Sondaggio Pilota Italiano 11
2.2.2 Sito Pilota #2: Risultati del Sondaggio Austrian Pilot 21
2.2.3 Sito Pilota #3: Risultati del sondaggio pilota bulgaro-greco 26
2.3 Profili consolidati dei Siti Pilota e inventario di flessibilità 31
3 Modellazione dei Casi d'Uso specifici per pilota 34
3.1 Approccio e struttura della modellazione dei Casi d'Uso 34
3.2 Risultati della modellazione dei Casi d'Uso tramite pilota 35
3.2.1 Sito Pilota #1: Pilota Italiano 35
3.2.1.1 UC- IT-01 – Flessibilità aggregata rispetto a carichi industriali distribuiti e risorse energetiche 37
3.2.1.2 UC-IT-02 – Operare nel mercato nazionale di bilanciamento 41
3.2.1.3 UC-IT-03 – Gestire il mercato locale di flessibilità per la gestione della rete DSO 45
3.2.2 Sito Pilota #2: Pilota austriaco 49
3.2.2.1 UC-AT-01 – Esplora strategie diverse di partecipazione al mercato energetico in Austria 50
3.2.2.2 UC-AT-02 – Progettazione del Mercato della Flessibilità a Livello di Distribuzione 54
3.2.2.3 UC-AT-03 – Coordinamento della flessibilità multilivello 59
3.2.3 Sito Pilota #3: pilota bulgaro-greco 64
3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Flessibilità industriale aggregata bulgara al confine 66
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Flessibilità industriale aggregata transfrontaliera BG/GR 72
3.3 Registro Consolidato dei Casi d'Uso 77
4 Valutazione delle prestazioni e Framework KPI 79
4.1 Approccio di valutazione e struttura del quadro 79
4.2 Repository KPI e parametri di monitoraggio 79
4.2.1 Sito Pilota #1: Pilota Italiano 79

4.2.2 Sito Pilota #2: Pilota austriaco 83
4.2.3 Sito Pilota #3: pilota bulgaro-greco 84
4.3 Quadro Consolidato di Valutazione delle Prestazioni 87
5 Tracciabilità e utilizzo dei risultati D2.2 90
5.1 Utilizzo dei risultati in T2.5 – Requisiti tecnici e progetto architettonico 90
5.2 Uso dei risultati in WP3 – Gestione e raccolta dati 90
5.3 Uso dei risultati in WP4 – Algoritmi e servizi 91
5.4 Utilizzo dei risultati in WP5 – Installazione del pilota, integrazione, test e valutazione delle prestazioni 92
Conclusioni 94

1 INTRODUZIONE

Deliverable D2.2 – UC specifici per i Siti Pilota e definizione del Framework di Valutazione delle Prestazioni presenta i risultati del Task 2.3 – Sondaggi Pilota e Scenari di Caso d'Uso e del Task 2.4 – Formulazione del Framework di Valutazione e dei KPI.

Il deliverable consolida le informazioni specifiche del pilota raccolte all'interno di LEONARDO, la modellazione dei relativi Case d'Uso (UC) e la definizione del relativo quadro di valutazione delle prestazioni. Fornisce così una base comune per descrivere i singoli Siti Pilota, gli scenari legati alla flessibilità da affrontare all'interno del progetto e gli indicatori da utilizzare per la loro successiva valutazione.

1.1 Scopo e Portata del Deliverable

Lo scopo di questo deliverable è fornire una rappresentazione armonizzata dei risultati generati all'interno del Task 2.3 e del Task 2.4 nei tre Siti Pilota LEONARDO.

Il documento copre tre elementi principali: la caratterizzazione dei Siti Pilota e del loro potenziale di flessibilità, la modellazione dettagliata dei Casi d'Uso specifici per ogni Sito Pilota e la definizione dei corrispondenti Indicatori Chiave di Prestazione (KPI) specifici per il pilota e per Caso d'Uso, nonché del framework di monitoraggio.

Insieme, questi elementi stabiliscono il framework specifico per il Caso d'Uso e la valutazione delle prestazioni previsto per D2.2.

1.2 Contributo agli obiettivi e alle tappe del WP2

WP2 – *Definire la base per fornire servizi di mercato basati sulla flessibilità industriale che capitalizzano sulle innovazioni EMS* stabilisce le basi per le successive attività di sviluppo, implementazione e valutazione all'interno di LEONARDO. I suoi obiettivi includono la definizione di scenari e servizi specifici per Casi d'Uso e Sito Pilota e lo sviluppo di un quadro di monitoraggio e valutazione, insieme alle altre basi tecniche, commerciali, normative e architettoniche del progetto.

All'interno di questo ambito complessivo, D2.2 consolida i risultati del Task 2.3 e del Task 2.4 fornendo le definizioni specifiche del Caso d'Uso del pilota e il corrispondente quadro di valutazione delle prestazioni. Questi risultati contribuiscono direttamente al Milestone 2 – *Framework di valutazione e ai sondaggi pilota disponibili*, per i quali D2.2 rappresenta il mezzo definito di verifica.

1.3 Relazione con altri compiti e pacchetti di lavoro LEONARDO

All'interno di WP2, le informazioni sul Sito Pilota e le definizioni di Casi d'Uso sviluppate nel Task 2.3 forniscono input al Task 2.5 – Technical Requirements and Architectural Blueprints, dove l'architettura iFAAP LEONARDO e la roadmap di integrazione sono ulteriormente definite.

I risultati del Task 2.3 e del Task 2.4 forniscono anche input agli sviluppi tecnici successivi in WP3 e WP4. Inoltre, i risultati del Pilot Survey e dei Case d'Uso supportano le attività di preparazione e test del Sito Pilota nel Task 5.1 e Task 5.3, mentre il framework di valutazione delle prestazioni sviluppato nel Task 2.4 supporta la baseline, il test e la successiva valutazione delle prestazioni nei Task 5.1, Task 5.3 e Task 5.4.

La tracciabilità tra i risultati di D2.2 e il loro utilizzo nelle successive attività LEONARDO è ulteriormente descritta nel Capitolo 5.

1.4 Struttura del Deliverable

Il deliverable è strutturato in cinque capitoli principali:

Il Capitolo 1 introduce lo scopo e la portata di D2.2, il suo contributo a WP2 e il suo rapporto con i successivi compiti e i Work Package di LEONARDO.

Il Capitolo 2 presenta l'approccio del Pilot Survey e la conseguente caratterizzazione dei tre Pilot Sites LEONARDO.

Il Capitolo 3 presenta l'approccio specifico di modellazione dei Casi d'Uso per i Siti Pilota e le specifiche relative ai Casi d'Uso.

Il Capitolo 4 presenta il framework per la valutazione delle prestazioni e i KPI, inclusi i KPI specifici per i Siti Pilota e il Caso d'Uso e i relativi parametri di monitoraggio.

Il Capitolo 5 stabilisce il collegamento tra le caratteristiche del Sito Pilota, i Casi d'Uso e i KPI e descrive come i risultati di D2.2 vengano portati avanti nelle attività successive di LEONARDO.

2 Indagine pilota e caratterizzazione del Sito Pilota

Questo capitolo presenta l'approccio e i risultati dei Pilot Surveys condotti nell'ambito del Task 2.3. I sondaggi forniscono una base comune per caratterizzare i tre Pilot Sites LEONARDO e le strutture industriali coinvolte, con particolare attenzione alla loro caratterizzazione del sistema energetico, alle tecnologie presenti e agli asset industriali, alle risorse di flessibilità disponibili, alla disponibilità dei dati e alle condizioni operative rilevanti. Le informazioni risultanti sono consolidate in profili armonizzati dei Pilot Site nelle sezioni successive.

2.1 Approccio, ambito e struttura del Pilot Survey

È stato sviluppato un modello comune di Indagine Pilota per raccogliere e strutturare in modo coerente le informazioni di base dai tre Siti Pilota LEONARDO. Il modello è stato progettato per fornire una panoramica sufficientemente completa della situazione attuale nei siti industriali partecipanti, assicurando al contempo che le informazioni raccolte siano direttamente rilevanti per l'identificazione e la valutazione ulteriore della flessibilità industriale.

Il sondaggio copre tre principali aree informative. La prima parte raccoglie informazioni di base sul Sito Pilota, inclusi consumo energetico, profilo di carico e picco di carico, connessione alla rete e condizioni di controllo rilevanti. La seconda parte identifica le tecnologie esistenti di generazione e stoccaggio in loco e documenta le loro caratteristiche principali, la disponibilità dei dati e la potenziale rilevanza per LEONARDO. La terza parte si concentra su asset e processi industriali flessibili, incluse le loro caratteristiche energetiche, la classificazione della flessibilità, i dati e le interfacce disponibili, la granularità dei dati e i vincoli operativi o di processo rilevanti.

Per supportare una descrizione coerente delle diverse risorse di flessibilità tra i Siti Pilota, il modello applica anche una classificazione comune di flessibilità, che fornisce informazioni rilevanti per gli sviluppi in WP4.

Il Modello di Sondaggio Pilota è stato compilato per ogni Sito Pilota e le informazioni inviate sono state esaminate e armonizzate per garantire una presentazione coerente tra i tre progetti pilota. I risultati consolidati del sondaggio sono presentati nelle sezioni seguenti.

2.2 Risultati del sondaggio pilota

Questa sezione presenta le informazioni raccolte per ciascun Sito Pilota. I risultati forniscono una descrizione fattuale delle singole configurazioni pilota, incluse caratteristiche energetiche, infrastruttura di esistenza, generazione e stoccaggio in loco, asset e processi industriali, flessibilità disponibile e condizioni operative rilevanti.

2.2.1 Sito Pilota #1: Risultati del Sondaggio Pilota Italiano

Panoramica del pilota e siti industriali coinvolti

Il Sito Pilota italiano copre l'area del comune di Storo (TN), servita dalla DSO locale CEDIS. CEDIS è una Cooperativa Idroelettrica Storica ed è regolata da un quadro legislativo specifico, che consente a queste cooperative di essere sia produttori che operatori di rete nel loro territorio. CEDIS è infatti suddivisa in due entità: la prima è l'operatore della rete, la seconda è la cooperativa energetica con oltre 3500 soci, composta da cittadini e imprese locali, che beneficiano di prezzi dell'elettricità più bassi e del consumo di 100% di energia rinnovabile. La cooperativa energetica possiede e gestisce 6

centrali idroelettriche e 12 centrali fotovoltaiche per una generazione rinnovabile approssimativa di 25 GWh/anno. L'obiettivo di sbloccare la flessibilità industriale locale è quello di massimizzare il consumo locale della generazione di RES e minimizzare le importazioni dalla rete nazionale, migliorando al contempo la gestione della rete e riducendo i problemi di congestione. Nell'immagine seguente è raffigurata l'area CEDIS, con linee MV, cabine MV/LV e impianti idroelettrici e fotovoltaici.

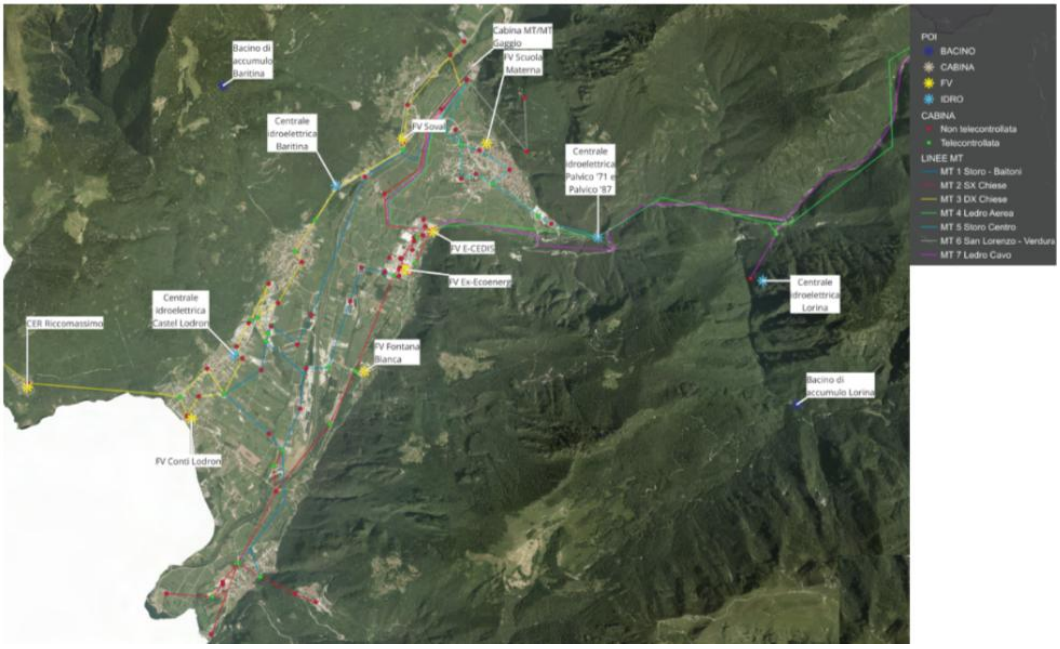


FIGURA 1: PILOTA #1 – POSIZIONE DELL'AREA CEDIS

Passando ai partner industriali impegnati nei test di flessibilità, ci sono tre principali stakeholder, tutti situati nella stessa area industriale all'interno del comune:

- **Innova (+ Katana):** Grande produttore industriale di pompe di calore, con diverse linee di produzione di componenti, pompe di calore per il riscaldamento e il raffreddamento di tutte le aree interne, carrelli elevatori elettrici e stazioni di ricarica per veicoli elettrici, compressori e processi di verniciatura (a gas).
- **Poncial**: Industria siderurgica secondaria specializzata in stampaggio e lavorazione dell'acciaio forgiato a caldo, con 3 linee di stampa e una linea di tempra.
- **Polytec Energy**: Integratrice di sistemi e società di ingegneria specializzata in automazione industriale e nella transizione energetica. L'azienda sviluppa software per sistemi di gestione energetica (EMS), impianti di energia rinnovabile e sistemi robotici pensati per industrie pesanti, manifatturiera e logistica. Il sito locale partecipa all'attivazione della flessibilità con un nuovo elettrolizzatore da 1MW e 2 sistemi di accumulo a batterie, supportati da una produzione costante di fotovoltaico locale.

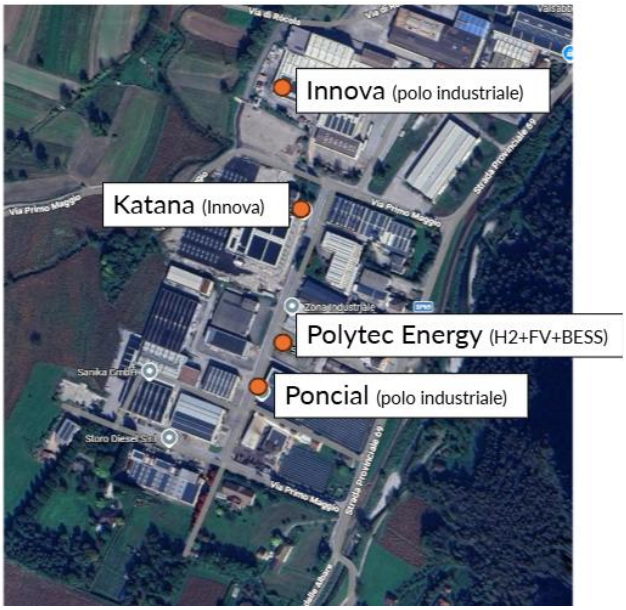


FIGURA 2: PILOTA #1 - PARTNER INDUSTRIALI E PRINCIPALI STAKEHOLDER

All'interno delle attività del WP2, è stata eseguita un'indagine che mappa gli asset di ciascun stakeholder, con l'obiettivo dirivedere dati tecnici come capacità, valori di produzione/consumo e modelli di produzione/consumo, categorizzandoli per archetipo, cioè se e quale tipo di servizio/regolamentazione di flessibilità può essere offerto. I risultati di questo sondaggio sono riportati nei seguenti sottoparagrafi.

Dati base del pilota

Essendo il Sito Pilota composto da quattro stakeholder diversi ma interconnessi, le statistiche energetiche individuali sono riportate di seguito per ciascuno di essi.

Ci sono due modi in cui CEDIS può effettivamente contribuire alla flessibilità nella propria rete: primo, come produttore, è regolare la produzione idroelettrica, poiché due centrali hanno bacino di accumulo e possono quindi modulare la loro produzione; il secondo, agendo come operatore della rete, è attivare un mercato locale di flessibilità, che può essere realizzato come mercato completamente aperto o tramite accordi bilaterali di flessibilità con grandi consumatori locali come ad esempio l'industria Innova.

Tuttavia, è fondamentale avere una corretta panoramica dell'intero sistema di aree pilota, con le sue peculiarità geografiche e i vincoli della rete. All'interno della rete CEDIS, una giornata tipica di consumo segue il noto "Duck Curve", con le ore di picco che avvengono al mattino presto e nel tardo pomeriggio/prima serata. In ogni caso, la variabilità complessiva del carico può essere definita "alta" in termini di magnitudine assoluta, riconoscendo allo stesso che il consumo complessivo della rete segue un certo schema che può essere, a un certo livello di precisione, previsto. Attualmente è in fase di sviluppo e implementazione un sistema EMS completo che supervisiona l'intera rete di distribuzione, con il piano di entrare in funzione entro la fine del 2026. L'intera rete è collegata alla rete nazionale tramite una cabina da 15 MW, con un trasformatore di riserva della stessa dimensione. Naturalmente, i limiti operativi della rete in termini di flessibilità sono strettamente collegati alla soddisfazione della domanda degli utenti.

TABELLA 1: PILOT #1 – GRIGLIA BASE DI DISTRIBUZIONE DATI

Consumo [MWh/a]	Carico di picco [MW]	Tempi di punta	Variabilità del carico	Limite di Connessione [MW]	EMS disponibile
28 413	7.177	Day	Alto	15	Presto

Per quanto riguarda gli utenti industriali, ognuna delle tre industrie presenta le proprie particolarità. Le linee di produzione di Innova operano su due turni di lavoro (6-14 e 14-22), con un picco al mattino intorno alle 9-10, poi costante e leggermente inferiore durante il secondo turno, quando non tutte le linee di produzione sono attive. Il picco è quantificabile come il doppio del carico base, ma il modello di consumo è regolare durante tutto l'anno. Sebbene vi sia una certa flessibilità da applicare a determinati carichi, le principali linee di produzione sono vincolate a operare durante i turni programmati. Durante la prima parte del 2026, Innova ha installato un gran numero di contatori intelligenti collegati a EMS per monitorare meglio i consumi tra le diverse linee e edifici/uffici, incluso il consumo di pompe di calore per HVAC. Questo consente di avere un migliore monitoraggio in tempo reale di tutti i processi del settore, consentendo di intervenire con misure di efficienza dove necessario e con l'obiettivo futuro di allineare le previsioni di consumo e prezzi di mercato e ottimizzare le operazioni.

Poncial è servita da 3 diversi punti di connessione MV. Il consumo di picco, visto dal punto di vista della rete (quindi escludendo l'autoconsumo di energia fotovoltaica), è di 1250 kW, avvenendo durante l'orario lavorativo (6:00-18:00). Il prelievo dalla rete mostra comunque un'elevata variabilità, con giorni in cui il picco è circa il 50% del picco annuale e fluttuazioni durante l'orario di lavoro di 200-300 kW. Il prelievo annuo dalla rete è stato di 3151 MWh nel 2025.

Polytec, invece, non è un'industria tipica con un profilo stabile e una produzione costante. L'intero carico consisterà infatti di un solo elettrolizzatore. Il profilo di carico dell'elettrolizzatore seguirà la sia la domanda di idrogeno (al momento ancora da confermare) sia soprattutto la produzione degli impianti fotovoltaici di Polytec. La variabilità del carico sarà quindi massima variando secondo l'intera capacità dell'elettrolizzatore. Essendo un impianto completamente nuovo, l'intero sistema H2-BESS-PV è dotato di un EMS che consente monitoraggio in tempo reale e la regolazione, anche in base ai prezzi dell'elettricità della rete e alle potenziali iniziative commerciali. Nella tabella seguente la disponibilità dell'EMS è indicata come "Presto", poiché l'intero impianto è attualmente in fase di finalizzazione ma non è ancora operativo.

TABELLA 2: PILOTA #1 – SITI INDUSTRIALI DI DATI DI BASE

	Consumo [MWh/a]	Carico di picco [MW]	Orario del carico di punta	Variabilità del carico	Limite di Connessione [MW]	EMS disponibile
Innova	1 155	0.3	Diurno	Alto	MV 1.08	SÌ
Poncial	3 151	1.292	Diurno	Alto	MV 1.44	Presto

Polytec	4 731	1	Diurno	Alto	MV 1.2	Presto

Tecnologie di generazione e accumulo locale

Per quanto riguarda le tecnologie di generazione in loco, CEDIS offre un ampio portafoglio di asset, tra cui fotovoltaico (potenza cumulativa 2,146 MW), Hydro Run-of-River (potenza cumulativa 3,816 MW) e Hydro accoppiato a serbatoio (potenza cumulativa 1,35 MW con capacità accumuli da 4,4 MWh). Inoltre, CEDIS possiede e gestisce centrali fotovoltaiche (potenza cumulativa 1,503 MW) e una centrale RoR Hydro (0,88 MW) al di fuori della propria rete, e gestisce la loro produzione tramite schemi di trading.

Per quanto riguarda Innova, sono attivi due impianti fotovoltaici montati sul tetto dello stabilimento per una capacità totale di 1MW, con dati storici e EMS collegati e accessibili. Per quanto riguarda le tecnologie di accumulo, Innova dispone di un grande serbatoio termico a serbatoio antincendio caricato tramite pompa di calore, con una capacità di 3,5 MWh termici (assumendo un COP di 3, corrisponde a circa 1,15 MWh elettrici).

Poncial da parte ha due impianti fotovoltaici montati sul tetto dello stabilimento per una capacità totale di 190 kW. I dati storici di smart metering sono solo parzialmente disponibili e non sono suddivisi per asset, ma la società sta attualmente (settembre 2026) installando nuovi contatori intelligenti e implementando un nuovo sistema EMS.

Polytec introduce nel progetto un sistema più complesso, raffigurato nella foto seguente. Quattro centrali fotovoltaiche, due delle quali abbinate ad accumuli a batterie. Inoltre, ci sono due centrali fotovoltaiche aggiuntive e un BESS situati fuori dalla rete CEDIS, realizzati tramite schemi di negozio. In totale, la capacità fotovoltaica allacciata alla rete locale è di 3,527 MW abbinata a uno accumulo complessivo pari a 5,08 MWh, mentre gli asset fuori dalla rete locale contribuiscono con ulteriori 1,2 MW fotovoltaici e 1,075 MWh di BESS. Infine, il sistema di Polytec avrà anche due serbatoi di stoccaggio di idrogeno, per una capacità totale di 190 kg di H2. Si tratta di uno stoccaggio chimico e, a seconda del sistema di conversione utilizzato, potrebbe essere utilizzato per fornire ulteriore produzione di elettricità alla rete locale (ad esempio con conversione a celle a combustibile 15/18 kWh/kg, con turbine a gas 10-14 kWh/kg). Tutti i componenti del sistema Polytec sono in procinto di essere messi in attività e la disponibilità dei dati è garantita dall'EMS.

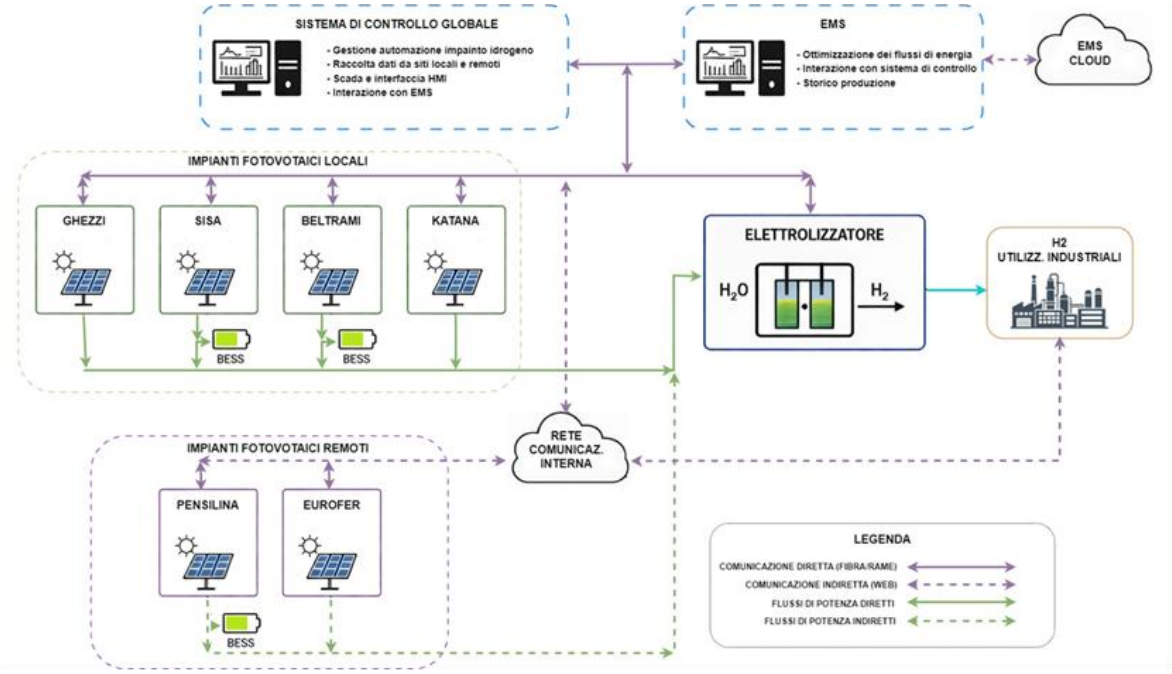


FIGURA 3: PILOTA #1 – PANORAMICA DEL SISTEMA ENERGETICO POLYTEC

TABELLA 3: PILOT #1 - TECNOLOGIE DI GENERAZIONE E ARCHIVIAZIONE IN LOCO

ID tecnico	Tecnologia	Capacità installata	Coinvolto in LEONARDO?	Classificazione della flessibilità	Disponibilità dei dati	Accesso ai dati
1	Fotovoltaico locale CEDIS	2,146 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
2	Fotovoltaico remoto CEDIS	1,503 MW	No	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
3	CEDIS Hydro RoR	3,816 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
4	Idroelettrico CEDIS Lorina	1 MW 3,3MWh	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione programmabile	Sì	SCADA/EMS

				B - Accumulo implicito o esplicita - Buffer di stoccaggio materiale		
5	Stoccaggio idroelettrico CEDIS Baritina	0,35 MW 1,1 MWh	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione a programmabile B - Accumulo implicita o esplicita - Buffer di stoccaggio materiale	Sì	SCADA/EMS
6	Remoto RoR di CEDIS Hydro	0,880 MW	No	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
7	Innova PV	0,43 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
8	Katana PV	0,56 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
9	Vasca antincendio Innova	3,5 MWh th	Sì	B - Accumulo implicito o esplicito – Accumulo di calore	Sì	SCADA/EMS
10	Polytec fotovoltaico locale	3,527 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
11	Polytec BESS locale	5,08 MWh	Sì	B - Accumulo implicito o esplicito –	Sì	SCADA/EMS

				Batteria di accumulo		
12	Fotovoltaico remoto Polytec	1,2 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Sì	SCADA/EMS
13	Polytec BESS remoto	1,075 MWh	Sì	B - Accumulo implicito o esplicito – Batteria di accumulo	Sì	SCADA/EMS
14	Polytec Stoccaggio H2	190 kg H2	Sì	B - Accumulo implicito o esplicito - Buffer di stoccaggio materiale	Sì	SCADA/EMS
15	Poncial PV	0,19 MW	Sì	C - Produzione di elettricità in loco - Generazione non programmabile (RES)	Parziale	SCADA/EMS

Asset e processi industriali flessibili

Infine, il sondaggio ha valutato gli asset e i processi di consumo finale, definendone le caratteristiche principali (carico di picco, consumo annuale) e classificandoli in base al livello di flessibilità che possono offrire.

CEDIS, essendo un operatore di rete e produttore di energia rinnovabile, non dispone di attività industriali da includere in questa sezione.

Innova ha diversi processi che sono stati mappati durante le attività del progetto. Purtroppo, è improbabile che le principali linee di produzione e i processi possano essere coinvolti in uno scenario di flessibilità, poiché il vincolo dei turni di lavoro è troppo limitante. Tuttavia, l'azienda dispone di una lunga lista di asset ausiliari che si inseriscono perfettamente nel quadro di flessibilità. Sono presenti due diversi tipi di stazioni di ricarica per veicoli elettrici affinché i dipendenti possano caricare i propri veicoli durante l'orario lavorativo, con la differenza che una stazione di ricarica può modulare la potenza di uscita mentre l'altra ha un funzionamento on/off. C'è poi un gran numero di pompe di calore per HVAC interno e una che ricarica un grande serbatoio termico interno. Queste pompe di calore possono essere facilmente modulate tra il 30% e il 100% della loro capacità nominale, con l'unico altro vincolo di mantenere il comfort termico degli spazi lavorativi.

Poncial è servita da 3 diversi punti di connessione MV e opera 3 forni di stampaggio (400 KW, 800 kW, 400 kW) e una linea di tempra (203,7 kW). Non è stato possibile valutare in dettaglio il livello di flessibilità che questi asset potevano garantire, ma i forni di stampaggio hanno un elevato e rapido livello di modulazione (in pochi secondi/minuti), con un'inerzia termica che può essere sfruttata per brevi periodi di tempo (5-15 minuti) senza compromettere la qualità della produzione. Per il forno della linea di tempra (200 kW), questo intervallo può essere esteso fino a un'ora. Allo stesso tempo, non è stato possibile caratterizzare in dettaglio altri processi sabbiatura, macchinari di taglio e una stazione di ricarica per carrelli elevatori, ma l'azienda è attualmente nel processo di installazione di più contatori intelligenti e di un EMS centralizzato, e questi asset saranno inclusi nelle analisi future.

Infine, tutti gli asset di Polytec hanno un potenziale di flessibilità rilevante. La produzione dell'elettrolizzatore può essere sia riprogrammata nel tempo sia regolata nella potenza, con alcuni vincoli operativi come un numero limitato di accensioni e spegnimento al giorno e un tempo di modulazione di avvio/arresto di circa 20 minuti. Inoltre, l'elettrolizzatore produrrà solo quando l'energia in ingresso proviene direttamente dagli impianti fotovoltaici di Polytec o dai sistemi BESS collegati, escludendo la possibilità di assorbire direttamente dalla rete.

TABELLA 4: PILOT #1 - RISORSE E PROCESSI INDUSTRIALI FLESSIBILI

ID Risorsa	Risorsa o processo	Carico di picco e tempistica	Classificazione della flessibilità	Disponibilità dei dati	Disponibilità dei dati / interfaccia di accesso / fonte	Granularità	Principali vincoli
1	Colonnine EV Innova (regolabili)	132 kW durante il giorno	A - Processo riprogrammabile – Processo interrompibile e regolabile	Sì	SCADA/ EMS	15 min	I lavoratori caricano le auto durante i turni di lavoro
2	Colonnine EV Innova (on/off)	220 kW durante il giorno	A - Processo riprogrammabile – Processo fisso e interrompibile	Sì	SCADA/ EMS	15 min	I lavoratori caricano le auto durante i turni di lavoro
3	Pompa di calore vasca antincendio Innova	12 kW - Flessibile	A - Processo riprogrammabile – Processo di interrompibile e regolabile	No	SCADA/ EMS	15 min	1) Livello minimo di carica del serbatoio 2) 30% di carico minimo

4	Innova Vari HP HVAC	199 kW Tempo di spostamento	A - Processo riprogrammabile – Processo di alimentazione interrompibile e regolabile	Per la maggior parte degli edifici sì	SCADA/ EMS	15 min	1) Comfort termico interno 2) Carico minimo del 30%
5	Elettrolizzatore Polytec	1 MW diurno	A - Processo riprogrammabile – Processo interrompibile e regolabile	Dati attuali disponibili; dati storici non ancora disponibili	SCADA/ EMS	15 min	1) Limitato di accensione/spegnimento 2) Tempo di rialza/riattivazione = 20 minuti
6	Polytec On grid BESS	2,4 MW flessibile	Archiviazione esplicita - B - BESS	Dati attuali disponibili; dati storici non ancora disponibili	SCADA/ EMS	15 min	
7	Polytec Remote BESS	0,5 MW flessibile	Archiviazione esplicita - B - BESS	Dati attuali disponibili; dati storici non ancora disponibili	SCADA/ EMS	15 min	
8	Forni per stampa Poncial	1,6 MW	A - Processo riprogrammabile – Processo interrompibile, regolabile	Ottobre 2026 - Nessun dato storico	SCADA/ EMS	15 min	1) Accensione/spegnimento limitato 2) Modulazione massima <15min
9	Forno di tempra Poncial	0,2 MW	A - Processo riprogrammabile – Processo	Ottobre 2026; Nessun dato storico	SCADA/ EMS	15 min	1) Accensione/spegnimento limitato 2) Tempo

			interrottibile, regolabile	disponibile			massimo di modulazione <1 ora

2.2.2 Sito Pilota #2: Risultati del Sondaggio Austrian Pilot

Panoramica del pilota e siti industriali coinvolti

Il progetto pilota austriaco si trova nel sud-est della Stiria e copre i due siti industriali Gsellmann Mischfuttererzeugung e Fleischhof Raabtal, con processi produttivi e profili di consumo energetico differenti. EEE è il partner di progetto che coordina il Sito Pilota austriaco. EVON funge da hub dati del Sito Pilota e fornisce accesso ai dati industriali tramite sistemi installati nei due siti. Ciò facilita la raccolta e l'interpretazione dei dati energetici e di processo e supporta una migliore comprensione delle logiche operative e di controllo esistenti.

Gsellmann opera nel settore della produzione di mangimi. Le sue attività includono la raccolta dei grani, l'essiccazione, la macinazione, la laminazione, la pressa, la miscelazione, il trasporto e lo stoccaggio in silos. Il consumo elettrico è in gran parte determinato da motori e apparecchiature di produzione operati in processi continui e basati su lotti. La disponibilità di uno stoccaggio intermedio all'interno del sistema produttivo consente di riprogrammare alcune fasi di lavorazione entro i limiti del piano produttivo.

Fleischhof Raabtal opera nel settore della lavorazione della carne, con attività che includono macellazione, taglio e lavorazione della carne, refrigerazione, conservazione a freddo e gestione di aree di lavoro a temperatura controllata. Il suo profilo elettrico è fortemente influenzato dalla domanda continua di raffreddamento. La flessibilità potenziale dipende quindi principalmente dall'inerzia termica degli spazi refrigerati e dalla possibilità di regolare temporaneamente il funzionamento del raffreddamento mantenendo le temperature richieste, gli standard igienici e le condizioni di sicurezza alimentare.

I risultati dell'indagine forniscono una panoramica armonizzata della situazione energetica, della connessione alla rete, dei sistemi di gestione energetica, delle tecnologie di generazione e stoccaggio in loco e delle potenziali risorse industriali flessibili in entrambi i siti. Le informazioni sono presentate separatamente per ciascun sito industriale. Ulteriori dati energetici e operativi forniti dalle due aziende completano i risultati dell'indagine. Valori confermati, stime e informazioni che richiedono ulteriori specifiche sono chiaramente distinti in tutta la sezione.

Dati base del pilota

- **Consumo energetico:** Gsellmann ha un consumo totale annuo di circa 3.700 MWh. Grazie all'elettricità generata dagli impianti fotovoltaici in loco, l'elettricità annua importata dalla rete pubblica è di circa 2.371 MWh. Il sito ha inoltre un consumo calorifico annuo di circa 7.000 MWh, principalmente necessario sotto forma di vapore di processo per la produzione di mangimi. Fleischhof Raabtal ha un consumo totale annuo di circa 5.800 MWh. Le sue installazioni fotovoltaiche in loco coprono parte di questa domanda, riducendo l'elettricità annua acquistata dalla rete pubblica a circa 4.260 MWh. Il consumo calorifico annuo del sito

ammonta a circa 3.499 MWh ed è associato ai requisiti termici della lavorazione della carne e delle operazioni correlate.

- **Carico di picco e profilo di carico:** A Gsellmann, i picchi di carico elettrico a breve durata raggiungono un massimo di 1.500 kW. Il carico elettrico è massimo durante la produzione diurna e varia notevolmente a seconda del funzionamento dei mulini, dei rulli e delle presse inclusi nel programma di produzione. A Fleischhof Raabtal, il profilo di carico è caratterizzato da un carico di base continuo derivante dalla refrigerazione combinato con carichi variabili derivanti da attività di lavorazione della carne e aree di lavoro a temperatura controllata. I carichi di picco si verificano generalmente durante il funzionamento diurno.
- **Connessione alla rete:** Gsellmann è collegata alla rete a media tensione con una capacità di collegamento contrattata di 1.300 kW. Questa capacità definisce il limite regolare per la fornitura di elettricità dalla rete pubblica. A Fleischhof Raabtal, la connessione alla rete fornisce la domanda elettrica non coperta dalla produzione fotovoltaica in loco e consente l'esportazione di energia fotovoltaica in eccesso. Il sito gestisce inoltre sette stazioni di ricarica AC, ciascuna dotata di due punti di ricarica da 11 kW, e una stazione di ricarica DC con due punti da 25 kW. Questo corrisponde a 16 punti di ricarica con una capacità totale installata di 204 kW.
- **Vincoli operativi:** A Gsellmann, l'operazione flessibile è limitata dal limite di domanda contrattuale, dalla programmazione di produzione, dagli ordini dei clienti e dalla continuità richiesta del processo produttivo. A Fleischhof Raabtal, limiti di temperatura, requisiti di catena del freddo continua, standard igienici e programmi di lavorazione della carne limitano gli aggiustamenti alla refrigerazione e ad altri carichi di produzione.
- **Gestione e controllo energetico:** I sistemi di gestione energetica sono utilizzati in entrambi i siti industriali per monitorare il consumo energetico e le condizioni di processo rilevanti. A Gsellmann, il sistema supporta anche la gestione del carico a livello di sito basata su priorità predefinite per gli asset produttivi collegati. Sono disponibili dati energetici e operativi per i mulini e le presse rilevati. A Fleischhof Raabtal, sono disponibili dati energetici e di temperatura per gli asset di refrigerazione rilevati. I sistemi EVON sono installati in entrambi i siti e forniscono l'interfaccia dati per il pilota austriaco, rendendo disponibili per le analisi LEONARDO dati rilevanti di energia e processo, oltre alle informazioni sulla logica di controllo del sito esistente.

Tecnologie di generazione e accumulo locale

Entrambi i siti industriali operano con generazione fotovoltaica in loco. Gsellmann gestisce due impianti fotovoltaici ciascuno da 1.500 kWp, con una capacità installata complessiva di 3.000 kWp. La produzione annua di elettricità degli impianti ammonta a circa 2.799 MWh, di cui circa 1.339 MWh vengono immessi nella rete.

Gsellmann ha inoltre installato un sistema di accumulo di energia a batteria con una capacità di 6 MWh. La batteria è prevista entrare in servizio nel 2026.

Fleischhof Raabtal gestisce impianti fotovoltaici con una capacità installata totale di 1.757 kWp. La produzione annuale di elettricità degli impianti ammonta a circa 1.810 MWh, di cui circa 118 MWh vengono immessi nella rete.

È prevista un'ulteriore estensione delle installazioni fotovoltaiche di circa 250-300 kWp. Il sito sta anche valutando la futura installazione di un sistema di accumulo a batterie.

TABELLA 4: PILOT #2 - TECNOLOGIE DI GENERAZIONE E STORAGE IN LOCO –

ID tecnologico	Tecnologia	Capacità installata	Coinvolto in LEONARDO?	Classificazione della flessibilità	Disponibilità dei dati	Accesso ai dati
GS-PV1	PV – Gsellmann	1.500 kWp	Sì	Generazione di elettricità in loco; Classe C; Generazione non programmabile (RES)	Dati attuali e storici disponibili	Sistema di gestione energetica installato
GS-PV2	PV – Gsellmann	1.500 kWp	Sì	Generazione di elettricità in loco; Classe C; Generazione non programmabile (RES)	Dati attuali e storici disponibili	Sistema di gestione energetica installato
GS-BESS1	Accumulo di energia a batteria – Gsellmann	6 MWh	Sì	Memoria implicita o esplicita; Classe B; Accumulo di energia a batteria	Attualmente non sono disponibili dati operativi	L'accesso tramite il sistema installato previsto dopo la messa in servizio
FR-PV1	PV – Fleischhof Raabtal	1.757 kWp	Sì	Generazione di elettricità in loco; Classe C; Generazione non programmabile (RES)	Dati attuali e storici disponibili	Sistema installato / esportazione dati

Asset e processi industriali flessibili

I due siti industriali hanno profili di flessibilità fondamentalmente diversi. A Gsellmann, la flessibilità è già utilizzata internamente per limitare la domanda di picco nella rete e mantenere il carico del sito all'interno della capacità contrattata di connessione alla rete di 1.300 kW. Il sistema di gestione del carico esistente segue una sequenza di priorità predefinita. Quando il carico del sito si avvicina al

limite di connessione, i laminatoi selezionati possono prima essere ridotti da un regime di pieno carico ad uno inferiore e successivamente disattivati se fosse necessaria un'ulteriore riduzione del carico.

Le opzioni operative disponibili dipendono dal tipo di asset rispettivo. Mulini e rulli possono operare a carico ridotto, continuare a pieno regime o essere spenti. Le presse per cereali non hanno una modalità operativa a carico ridotto e possono quindi continuare la produzione o essere spente. L'inventario di flessibilità si concentra sugli asset produttivi integrati nel sistema di gestione del carico esistente.

Gsellmann opera con tempi di consegna brevi e può regolare la sequenza degli ordini di produzione nello stesso giorno. La flessibilità aggiuntiva più realistica risiede quindi nello spostare le singole fasi di produzione nel giro di diverse ore, ad esempio verso periodi con generazione fotovoltaica più elevata o prezzi dell'elettricità più favorevoli. I requisiti produttivi e le priorità dei clienti rimangono i vincoli determinanti.

A Fleischhof Raabtal, la refrigerazione e la conservazione a freddo rappresentano i principali processi rilevanti per la flessibilità. Le risorse di refrigerazione rilevanti comprendono stanze di stoccaggio e raffreddamento congelato e una sala di lavoro a temperatura controllata.

La sala di stoccaggio congelato opera tra 40 e 130 kW e ha un consumo elettrico annuo di circa 456 MWh. La sua temperatura deve rimanere a −18°C o inferiore. La sala di raffreddamento opera tra 10 e 85 kW e ha un consumo elettrico annuo di circa 277 MWh. La sua temperatura obiettivo è +2°C. La sala di lavoro a temperatura controllata deve rimanere tra 8°C e 12°C. I livelli minimi di funzionamento riflettono il funzionamento quasi continuo di alcune parti dei sistemi di raffreddamento.

La flessibilità potenziale deriva dall'adattamento del funzionamento di raffreddamento entro i limiti di temperatura consentiti e dall'utilizzo dell'inerzia termica delle aree refrigerate. Il pre-raffreddamento predittivo potrebbe spostare parte della domanda di raffreddamento in risposta ai prezzi dell'elettricità e alle condizioni meteorologiche. La regolazione consentita della temperatura, la durata della riduzione del carico e la successiva richiesta di recupero devono ancora essere confermate con il sito.

Per entrambi i siti, le capacità installate e gli intervalli operativi non corrispondono direttamente alla flessibilità disponibile in ogni momento. La flessibilità disponibile in un periodo specifico dipende dallo stato di produzione, dalle priorità esistenti di gestione del carico, dai limiti di temperatura e dalla durata per cui un aggiustamento può essere mantenuto. Questi parametri saranno ulteriormente valutati utilizzando i dati operativi disponibili.

TABELLA 5: PILOT #2 - RISORSE E PROCESSI INDUSTRIALI FLESSIBILI

ID Risorsa	Risorsa o processo	Carico di picco e tempistica	Classificazione della flessibilità	Disponibilità dei dati	Interfaccia di accesso ai dati/ sorgente	Granularità	Principali vincoli
GS-A1	Mulino 3.01 – Gsellmann	140 kW, giorno; operazione di	Processo riprogrammabile (A):	Dati attuali disponibili,	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati	15 min	Accordo di fornitura

		scarico a 20 kW	Alimentazione fissa e interrompibile	nessun dato storico	più frequente in fase di preparazione		elettrica; piano di produzione
GS-A2	Mulino 3.02 – Gsellmann	80 kW, giorno; operazione di scarico a 10 kW	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 min	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-A3	Rullo 3.01 – Gsellmann	30 kW, giorno; operazione di scarico a 10 kW	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	Non riportato	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-A4	Pressa grano 4.01 – Gsellmann	100 kW, giorno	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 min	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-A5	Grain press 5.01 – Gsellmann	80 kW, giorno	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 min	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-A6	Grain press 6.01 – Gsellmann	100 kW, giorno	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 min	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-B1	Mulino per cereali 310 – Gsellmann	170 kW, giorno; operazioni di scarico a 30 kW	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 min	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-B2	Rullo 310 – Gsellmann	25 kW, giorno; operazione di	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione	Dati attuali disponibili,	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in	15 minuti indicati nel	Accordo di fornitura

		scarico a 15 kW	fissa e interrompibile	nessun dato storico	fase di preparazione	sondaggio	elettrica; piano di produzione
GS-B3	Pressa a grano 1 – Gsellmann	110 kW, giorno	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 minuti indicati nel sondaggio	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
GS-B4	Pressa a grano 2 – Gsellmann	110 kW, giorno	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione fissa e interrompibile	Dati attuali disponibili, nessun dato storico	Esportazione tramite EVON; fornitura di dati più frequente in fase di preparazione	15 minuti indicati nel sondaggio	Accordo di fornitura elettrica; piano di produzione
FR-A1	Deposito dei surgelati – Fleischhof Raabtal	40–130 kW, giorno; 456 MWh nel 2025	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione interrompibile e regolabile	Dati attuali e storici disponibili	Sistema installato tramite EVON, connessione dati regolare in fase di preparazione	15 min	La temperatura deve rimanere a -18°C o sotto
FR-A2	Sala di raffreddamento – Fleischhof Raabtal	10–85 kW, giorno; 277 MWh nel 2025	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione interrompibile e regolabile	Dati attuali e storici disponibili	Sistema installato tramite EVON, connessione dati regolare in fase di preparazione	15 min	Temperatura obiettivo +2°C
FR-A3	Sala di lavoro a temperatura controllata – Fleischhof Raabtal	Capacità e carico di picco non riportati; giorno	Processo riprogrammabile (A): Alimentazione interrompibile e regolabile	Dati attuali e storici disponibili	Sistema installato tramite EVON, connessione dati regolare in fase di preparazione	15 min	La temperatura deve rimanere tra 8°C e 12°C

2.2.3 Sito Pilota #3: Risultati del sondaggio pilota bulgaro-greco

Panoramica del pilota e siti industriali coinvolti

Il pilota bulgaro-greco è un progetto pilota transnazionale che attraversa due aree di bilanciamento interconnesse: l'area di bilanciamento di Sofia, gestita dalla TSO ESO bulgara, e l'area di Salonicco, gestita dalla TSO IPTO greca. Le due aree sono collegate dall'interconnessione transfrontaliera di trasmissione Bulgaria–Grecia. L'indagine copre i due siti industriali del pilota, uno per ciascun lato del confine: il cluster industriale bulgaro che comprende STOMANA Industry, SofiaMed ed ETEM

Gestamp e il complesso industriale HELLENiQ ENERGY di Salonicco in Grecia. UPAT agisce come coordinatore pilota per entrambe le parti.

STOMANA Industry è un produttore di acciaio il cui stabilimento comprende quattro principali aree di produzione (officina di fusione, laminatoio, laminatoio piano e mulino a sfere) e che si colloca tra i cinque maggiori consumatori di elettricità della Bulgaria. All'interno del progetto pilota, STOMANA agisce anche come aggregatore di flessibilità per il cluster industriale bulgaro che dirige. Partecipa direttamente ai mercati energetici bulgari day-ahead e intraday gestiti da IBEX, agendo come propria Parte Responsabile del Bilanciamento. SofiaMed gestisce processi di fonderia, laminazione ed estrusione del rame, coprendo fasi dalla fusione e fusione di rame e leghe di rame alla modellatura del materiale tramite laminazione ed estrusione. ETEM Gestamp è incentrato sull'estrusione dell'alluminio e sulle attività di lavorazione a valle, supportate anche da un'installazione fotovoltaica in loco.

Il Complesso Industriale HELLENiQ ENERGY di Salonicco è una raffineria hydro-skimming che esegue un processo di raffinazione continua che inizia con la distillazione del petrolio greggio e prosegue attraverso la lavorazione secondaria e il trattamento di idrodesolforazione, insieme alla produzione petrolchimica associata, in particolare una linea di polipropilene. È collegata alla rete di trasmissione IPTO e partecipa ai mercati energetici greci day-ahead e intraday gestiti da HEnEx tramite un aggregatore.

I due siti rappresentano due settori industriali differenti (acciaio ad arco elettrico, lavorazione rame e alluminio e raffinazione del petrolio) e, come mostrano le seguenti sottosezioni, due profili di flessibilità fondamentalmente diversi. I risultati completi dei sondaggi sono stati ricevuti da tutti e quattro i siti industriali e coprono dati pilota di base, tecnologie di generazione e stoccaggio in loco, e asset e processi industriali flessibili. I risultati seguenti riportano le informazioni esattamente come restituite; quando un valore non è stato riportato o non è applicabile, questo è indicato direttamente.

Dati base del pilota

- **Consumo energetico:** I dati riportati si riferiscono ai singoli siti industriali e non al Sito Pilota nel suo complesso. STOMANA riporta un consumo annuo di elettricità di 412.576 MWh, senza alcun dato sul consumo di calore. SofiaMed riporta un consumo elettrico di 85.453,53 MWh/anno, mentre ETEM Gestamp riporta 25.600 MWh/anno di consumo elettrico, senza alcun valore sul consumo di calore riportato in nessuno dei due siti.
- HELLENiQ riporta un consumo elettrico annuo di 227.493 MWh e un consumo calorifico annuo di 146.765,5 FOET, equivalenti a 1.640.581 MWh, riflettendo il carattere alimentato dal combustibile del processo di raffinazione.
- **Carico di picco e profilo di carico:** STOMANA riporta un carico elettrico di picco di 115 MW, SofiaMed 15,4 MW, ETEM Gestamp 5,5 MW e HELLENiQ 31,3 MW. Tutti i siti riportano la domanda di picco durante le ore diurne. STOMANA, ETEM Gestamp e HELLENiQ riportano bassa variabilità del carico, mentre SofiaMed riporta un'elevata variabilità del carico.
- **Connessione alla rete:** I siti partecipanti sono collegati a diversi livelli di tensione. STOMANA è collegato a tensione extra-alta (sopra 150 kV), con una capacità di connessione dichiarata di 200 MVA e 180 MVA per ciascuna delle due linee. SofiaMed è collegato ad alta tensione, con alimentazione a 110 kV. ETEM Gestamp riporta un livello di trasformazione di 20/0,4 kV

all'interno della sua infrastruttura elettrica. HELLENiQ è collegato ad alta tensione (36–150 kV), con una capacità di connessione dichiarata di 89 MVA per ciascuna delle due linee. L'infrastruttura elettrica segnalata rimane coerente con l'orientamento verso TSO dei Casi d'Uso pilota.

- **Vincoli operativi:** Entrambe le parti riportano vincoli operativi e, in entrambi i casi, il vincolo è la programmazione della produzione. Nessuno dei due siti ha riportato un limite di domanda o un limite di prelievo.
- **Gestione e controllo energetico:** Entrambe le parti riportano un EMS disponibile, utilizzato a livello industriale. STOMANA ed ETEM Gestamp gestiscono installazioni EMS Schneider Electric, SofiaMed riporta un EMS disponibile mentre HELLENiQ gestisce Powernet e Protasis Zenon EMS. Attualmente, i dati di processo vengono recuperati da entrambe le parti tramite esportazione manuale. La batteria STOMANA è accessibile tramite un'interfaccia SCADA/EMS, e l'installazione fotovoltaica ETEM Gestamp è anch'essa accessibile tramite un'interfaccia SCADA/EMS.

Tecnologie di generazione e accumulo locale

L'indagine ha identificato due tecnologie energetiche in loco durante il progetto pilota: un impianto di accumulo energetico a batteria da 0,2 MWh a STOMANA e 4 MW di generazione fotovoltaica presso ETEM Gestamp. La batteria STOMANA è inclusa nelle attività LEONARDO ed è accessibile tramite un'interfaccia SCADA/EMS, mentre l'impianto fotovoltaico è monitorato tramite la sua infrastruttura EMS/SCADA. STOMANA ha riportato che non sono presenti installazioni fotovoltaiche, idroelettriche, termiche e elettriche combinate, eolica o idrogeno, e HELLENiQ ha risposto "non applicabile" per tutte le categorie, il che significa che non è disponibile produzione o stoccaggio in loco presso il sito greco.

Questa è una caratteristica distintiva del pilota bulgaro-greco e lo distingue dagli altri due piloti LEONARDO: non avendo risorse energetiche distribuite significative da entrambe le parti, la flessibilità di questo pilota dipende quasi interamente sui processi industriali stessi piuttosto che sulle risorse di generazione o stoccaggio. La batteria da 0,2 MWh è troppo piccola rispetto ai carichi di picco sul sito di 115 MW e 31,3 MW per contribuire in modo significativo alle gare d'appalto sul mercato, ed è quindi rilevante principalmente come punto di riferimento per l'accesso ai dati e l'integrazione del controllo. L'impianto fotovoltaico da 4 MW non modifica in modo significativo questa caratterizzazione, poiché la sua scala rimane limitata rispetto alla domanda industriale del cluster e il suo contributo è principalmente come generatore locale piuttosto che come risorsa flessibile.

TABELLA 6: PILOT #3 - TECNOLOGIE DI GENERAZIONE E STORAGE IN LOCO

ID tecnologico	Tecnologia	Capacità installata	Coinvolto in LEONARDO?	Classificazione della flessibilità	Disponibilità dei dati	Accesso ai dati
Battura 1	Accumulo di energia a batteria (STOMANA)	0,2 MWh	Sì	Accumulo implicito o esplicito; Classe B;	Disponibile	SCADA/EMS

				Accumulo di energia a batteria		
PV 1	Fonte di energia rinnovabile non programmabile (ETEM)	4 MW	Sì	Produzione di elettricità in loco; Classe C	Disponibile	SCADA/EMS

Asset e processi industriali flessibili

Il tipo di attività industriale svolta in ciascun sito determina la flessibilità disponibile. STOMANA opera la produzione di acciaio in forni ad arco elettrico, che assorbe una potenza molto elevata in con profilo discontinuo a seconda dei lotti/colate, che possono essere avviati prima o dopo all'interno del piano di produzione. Tutti e quattro i gruppi di asset flessibili riportati da STOMANA sono classificati nell'archetipo del processo Riprogrammabile (Classe A) con il sottotipo Processo a potenza fissa e interrompibile, e rappresentano la stragrande maggioranza del consumo del sito. SofiaMed ed ETEM Gestamp riportano anch'essi processi industriali riprogrammabili, sebbene a livelli di potenza inferiori e con caratteristiche produttive diverse. HELLENiQ, al contrario, opera un processo di raffinazione continua in cui, come riportato dal sito, l'adattamento del processo è raro e limitato dalla produzione.

Sul lato bulgaro, gli asset segnalati da STOMANA sono la fusione dei rottami nei forni ad arco elettrico (195 MVA installati, 205,08 GWh/a, 107 MW picco non coincidente), la metallurgia secondaria nei forni siviera (36 MVA, 26,53 GWh/a, 34,8 MW), il resto del laboratorio di fusione (13 MVA, 22,59 GWh/aanno, 11,3 MW) e le unità di filtraggio (17 MVA, 18,4 GWh/a, 14,4 MW). I primi tre hanno i loro picchi durante il giorno mentre le unità di filtraggio di notte. Una precisazione importante si applica al supporto dell'officina di fusione: sul suo carico totale, solo il processo di colata, di circa 5 MVA, è considerato in grado di fornire flessibilità. Le potenze motorie delle singole unità di fusione sono confermate, ma la capacità flessibile, il tempismo in cui può essere offerta e la sua disponibilità dipendono dalla validazione dei limiti di processo, che è in corso all'interno del Sito Pilota. SofiaMed riporta tre principali gruppi di processo di lavorazione del rame: fonderia (33,88 GWh/a, 7,01 MW picco), rolling (41,83 GWh/a, 8,77 MW picco) ed estrusione (9,74 GWh/a, 1,76 MW picco). Tutti e tre raggiungono picchi durante la giornata e sono identificati come processi riprogrammabili. La loro flessibilità è quindi principalmente associata all'adattamento dei tempi delle operazioni di produzione ad alta intensità elettrica all'interno del programma produttivo, soggetti ai requisiti di continuità produttiva e qualità del prodotto. ETEM Gestamp riporta l'estrusione dell'alluminio (15,57 GWh/a), la lavorazione secondaria (4,47 GWh/y) e un ulteriore gruppo di processi industriali (0,56 GWh/y). Tutti e tre sono classificati come processo riprogrammabile (Classe A), Interrompibile, potenza costante. La loro flessibilità è quindi principalmente associata allo spostamento o all'interruzione delle operazioni di produzione entro le finestre di programmazione consentite, mentre la capacità esatta, i tempi e la durata esatti dipendono dalla validazione a livello di processo.

Dal lato greco, l'unico asset segnalato è l'estrusore della linea di produzione in polipropilene, con una capacità installata di 5.400 kW, un consumo di 70.459 MWh/anno e un carico di picco di 4.670 kW. Fino a un massimo di 1 MW del suo consumo può essere regolato; i principali vincoli sono i requisiti di processo e le esigenze commerciali dell'impianto, e non esiste un periodo di consumo di picco specifico perché il consumo varia in base al grado del polipropilene prodotto.

Due differenze tra i siti sono rilevanti per il lavoro di modellazione. Innanzitutto, la scala: il cluster bulgaro combina le risorse flessibili di STOMANA che operano a decine di megawatt con processi aggiuntivi riprogrammabili a SofiaMed ed ETEM Gestamp, mentre la quota regolabile dell'asset HELLENiQ è limitata a circa 1 MW, quindi la parte bulgara domina la flessibilità aggregata del pilota. Secondo, granularità dei dati: i dati del cluster bulgaro sono disponibili a risoluzione di 15 minuti mentre quelli HELLENiQ sono disponibili ogni ora, il che limita la risoluzione temporale a cui l'aggregato transfrontaliero può essere caratterizzato. In entrambi i siti sono disponibili dati attuali e storici che vengono attualmente recuperati tramite esportazione manuale.

TABELLA 7: PILOT #3 - RISORSE E PROCESSI INDUSTRIALI FLESSIBILI

ID Risorsa	Risorsa o processo	Carico di picco e tempistica	Classificazione della flessibilità	Disponibilità dei dati	Interfaccia/ sorgente di accesso ai dati	Granularità	Principali vincoli
BG-A1	Scioglimento dei rottami – EAF (STOMANA)	107 MW al giorno	Processo riprogrammabile (A): Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Limiti di processo
BG-A2	Metallurgia secondaria – LF (STOMANA)	34,8 MW al giorno	Processo riprogrammabile (A): Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Limiti di processo
BG-A3	Fuso del laboratorio di supporto – gesso (STOMANA)	11,3 MW al giorno	Processo riprogrammabile (A): Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Del carico di riposo del negozio di fusione, solo il cast (circa 5 MVA) è flessibile
BG-A4	Unità di filtraggio (STOMANA)	14,4 MW notte	Processo riprogrammabile (A); Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Limiti di processo
BG-A5	Fonderia (SofiaMed)	7,01 MW, giorno	Processo riprogrammabile (A)	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Programma di produzione

BG-A6	Rolling (SofiaMed)	8,77 MW, giorno	Processo riprogrammabile (A)	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Vincoli di programma/processo di produzione
BG-A7	Estrusione (SofiaMed)	1,76 MW, giorno	Processo riprogrammabile (A)	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Vincoli di programma/processo di produzione
BG-A8	Estruzione in alluminio (ETEM Gestamp)	3,39 MW massimo osservato al giorno	Processo riprogrammabile (A); Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Limiti di processo
BG-A9	Elaborazione secondaria (ETEM Gestamp)	1,01 MW massimo osservato, giorno	Processo riprogrammabile (A); Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Limiti di processo
BG-A10	Gruppo di processo industriale aggiuntivo (ETEM Gestamp)	0,82 MW massimo osservato, giorno	Processo riprogrammabile (A); Potenza fissa e interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	15 min	Designazione esatta del processo e vincoli specifici per processo da confermare
GR-A1	Motore estrusore, linea PP (HELLENiQ)	4,67 MW senza periodo di picco specifico	Processo riprogrammabile (A): Potenza regolabile ma non interrompibile	Storico	Esportazione manuale dall'EMS	Ogni ora	Massimo 1 MW regolabile; requisiti di processo e commerciali; varia a seconda della qualità PP

2.3 Profili consolidati dei Siti Pilota e inventario di flessibilità

I tre piloti LEONARDO rappresentano configurazioni industriali e di sistemi energetici sostanzialmente diverse. Il loro potenziale di flessibilità spazia da carichi industriali distribuiti e risorse energetiche all'interno di un'area di distribuzione locale in Italia, passando per la flessibilità basata sui processi di processo in due siti di medie dimensioni dell'industria alimentare in Austria, fino a grandi processi industriali ad alta intensità elettrica in Bulgaria e Grecia.

Il pilota italiano combina un ampio portafoglio di risorse energetiche distribuite, inclusi carichi industriali, generazione fotovoltaica, accumulo di batterie, elettrolizzatore e asset per la mobilità elettrica. La sua configurazione supporta la valutazione sia dei servizi di bilanciamento orientati alla TSO sia delle applicazioni locali di flessibilità a livello DSO.

Il progetto pilota austriaco comprende due siti industriali con diverse risorse di flessibilità. A Gsellmann, la flessibilità è principalmente associata alla macinazione e ad altri carichi di produzione,

supportati dalla generazione fotovoltaica e da una logica di gestione del carico esistente. Un sistema di accumulo a batteria installato è programmato per la messa in servizio. A Fleischhof Raabtal, il principale potenziale risiede nella refrigerazione e nello sfruttare l'inerzia termica degli spazi, dove la domanda di elettricità può potenzialmente essere spostata entro limiti definiti di temperatura, igiene e produzione. La flessibilità relativa al DSO viene valutata attraverso scenari rappresentativi.

Il pilota bulgaro-greco ha i carichi industriali più elevati. La sua flessibilità è dominata dai processi di produzione dell'acciaio elettrico presso STOMANA, mentre la quota regolabile del processo di estrusione del polipropilene HELLENiQ ENERGY è considerevolmente inferiore. Rispetto ai piloti italiani e austriaci, la generazione e lo stoccaggio in loco giocano un ruolo limitato. Il principale potenziale di flessibilità è quindi associato all'aggregazione e alla programmazione orientata al mercato della domanda industriale.

TABELLA 8: PROFILI CONSOLIDATI DEI SITI PILOTA E INVENTARIO DI FLESSIBILITÀ

Pilota	Contesto industriale	Principali risorse di flessibilità	Contesto di energia, controllo e vincoli
Pilota italiano	Consumatori industriali all'interno dell'area di distribuzione CEDIS	Carichi industriali, sistemi di accumulo di energia a batteria (BESS), elettrolizzatori, infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici e carrelli elevatori, e altre risorse energetiche distribuite (DER) controllabili.	Un portafoglio diversificato di asset di generazione e accumulo di energia. La flessibilità è limitata dai requisiti di processo, dai limiti dei tempi di risposta, dai limiti operativi dello storage e dalle condizioni di accesso al mercato.
Pilota austriaco	Produzione di mangimi a Gsellmann e lavorazione della carne con conservazione refrigerata a Fleischhof Raabtal.	Macinazione e altri carichi di produzione, sistemi di refrigerazione, aree di conservazione termica flessibili e accumulo di energia a batterie.	La generazione fotovoltaica in loco è disponibile in entrambi i siti, mentre Gsellmann ha installato un sistema di accumulo energetico a batteria programmato per la messa in servizio. I dati sono forniti tramite EVON. La flessibilità è limitata dai programmi di produzione, dalle finestre di spostamento del carico disponibili, dai limiti di temperatura, dai requisiti igienici e dai vincoli della catena del freddo.
Pilota bulgaro-greco	Produzione di acciaio elettrico presso STOMANA, lavorazione del rame presso SofiaMed, lavorazione dell'alluminio presso ETEM Gestamp e	forni ad arco elettrici, forni panfiera, altri processi di fusione e unità di filtrazione presso STOMANA; fonderia, laminazione ed estrusione a SofiaMed; estrusione	La flessibilità è principalmente determinata da carichi industriali elevati, mentre la generazione in loco e l'accumulo di energia giocano un ruolo limitato. I principali vincoli operativi sono il mantenimento della produzione

	produzione di polipropilene presso HELLENiQ ENERGY	dell'alluminio e carichi di lavorazione a valle presso ETEM Gestamp; e la quota regolabile dell'estrusore di polipropilene presso HELLENiQ ENERGY.	ininterrotta, la tutela della qualità del prodotto e della sicurezza dei processi, e l'adattamento alle differenze di granularità dei dati tra i due siti.

Nel complesso, l'inventario consolidato mostra che i progetti pilota coprono un ampio spettro di flessibilità industriale, che va dalle risorse distribuite e supportate dallo stoccaggio alla flessibilità basata sui processi in industrie di medie dimensioni e ad alta intensità elettrica.

3 Modellazione dei Casi d'Uso specifici per pilota

Questo capitolo presenta i dettagli e la modellizzazione dei Casi d'Uso specifici di ogni Sito Pilota. I Casi d'Uso erano già definiti a livello di progetto e sono stati ulteriormente sviluppati per riflettere le condizioni specifiche dei tre Siti Pilota LEONARDO.

La modellazione si concentra sul contesto concreto di implementazione di ciascun Caso d'Uso. Questo include l'ambiente industriale, il mercato o il contesto di sistema, gli attori coinvolti, le informazioni richieste, la sequenza operativa e il risultato atteso. Vengono inoltre considerati i vincoli tecnici, operativi e normativi rilevanti.

Una struttura comune è stata applicata in tutti i Siti Pilota. Questo garantisce che i Casi d'Uso siano descritti in modo coerente e comparabile, pur riflettendo le caratteristiche individuali di ogni progetto pilota e scenario.

3.1 Approccio e struttura della modellazione dei Casi d'Uso

Un processo comune di modellazione dei Casi d'Uso è stato sviluppato per guidare la definizione dettagliata dei Casi d'Uso nei tre Siti Pilota.

Il processo segue un approccio strutturato e copre gli elementi principali necessari per una descrizione completa del Caso d'Uso. Ogni Caso d'Uso viene introdotto inizialmente attraverso il suo obiettivo complessivo, l'ambito e il risultato atteso. Il contesto industriale viene quindi descritto per mostrare quali processi, risorse e risorse di flessibilità sono rilevanti nel rispettivo progetto pilota.

Il contesto di mercato e sistema definisce il meccanismo di flessibilità o l'impostazione di mercato affrontata dal Caso d'Uso. Gli attori coinvolti e i loro ruoli sono descritti separatamente per chiarire responsabilità e interazioni.

La parte operativa del modello specifica come viene avviato il Caso d'Uso e come si prevede che proceda il processo. Include l'evento di innesco, i dati di input richiesti, la logica decisionale, l'azione attesa e il risultato risultante. I sistemi e le informazioni necessarie per il processo sono descritti insieme ai principali vincoli tecnici, operativi e normativi.

Ogni Caso d'Uso viene infine riassunto attraverso uno scenario principale che presenta la sequenza operativa dal trigger iniziale al risultato atteso.

L'approccio di modellazione è supportato dai principi della IEC 62559 e dal Smart Grid Architecture Model (SGAM), che forniscono una base strutturata per descrivere attori, interazioni, flussi informativi e processi operativi.

Le specifiche del Caso d'Uso risultanti forniscono un riferimento comune per i KPI specifici del progetto pilota e del Caso d'Uso presentati nel Capitolo 4.

3.2 Risultati della modellazione dei Casi d'Uso tramite pilota

Questa sezione presenterà i risultati dettagliati della modellazione per i Casi d'Uso di ciascun Sito Pilota. Ogni Caso d'Uso sarà descritto secondo la struttura comune, mantenendo il proprio contesto industriale, operativo, di mercato e di sistema.

3.2.1 Sito Pilota #1: Pilota Italiano

Panoramica del Caso d'Uso del pilota

Il Sito Pilota italiano si trova nel cluster industriale di Storo, un'area multi-industriale servita da CEDIS (Consorzio Elettrico di Storo) come operatore locale del sistema di distribuzione (DSO). CEDIS è un DSO piccolo ma strategicamente rilevante che gestisce una rete di distribuzione chiusa ospitando diversi consumatori industriali, asset di generazione di energia rinnovabile (principalmente fotovoltaica e idroelettrica) e una quota crescente di fonti energetiche distribuite intermittenti (DER), inclusi sistemi di accumulo energetico a batteria (BESS) e un elettrolizzatore.

Il pilota italiano aveva originariamente previsto quattro Casi d'Uso Grant Agreement (GA). Questi erano: **GA-UC#1**, che forniva servizi di flessibilità contro carichi industriali aggregati e DER facilitati dall'aggregatore esterno Flexcity tramite la sua piattaforma proprietaria di monitoraggio e distribuzione basata su Grafana che comunicava con il TSO; **GA-UC#2**, che sfruttava le capacità di aggregazione e disp distribuzione dinamico di iFAAP per offrire sia servizi energetici (peak shaving, spot price spread) sia servizi ausiliari (ad esempio BESS a MSD) da DER, incluso l'elettrolizzatore; **GA-UC#3**, che estende le capacità della piattaforma tramite il toolkit iFAAP per consentire una futura partecipazione in un contesto di mercato dei servizi ausiliari riformato dalle politiche e favorevole al DSF; e **GA-UC#4**, che sviluppa meccanismi guidati dal mercato per risolvere la congestione locale a livello DSO tramite un mercato locale di flessibilità, anch'esso supportato da una piattaforma di scambio dati flessibili TSO–DSO.

Nel corso del progetto, il consorzio italiano ha ristrutturato questi quattro Case d'Uso in tre, con l'obiettivo esplicito di ottenere una copertura completa di tutti i servizi originariamente previsti, producendo al contempo un insieme di Case d'Uso più adattati alle risorse effettivamente disponibili nel Sito Pilota, al contesto istituzionale di CEDIS come piccolo DSO locale e all'evoluzione attuale del quadro normativo nazionale. I tre Casi d'Uso rivisti non rappresentano una riduzione dell'ambizione: consolidano e affinano i quattro originali in una struttura più coerente e realizzabile. La mappatura con i Casi d'Uso GA originali è la seguente:

- **UC-IT-01** - **La flessibilità aggregata da carichi industriali distribuiti e risorse energetiche** copre la dimensione di aggregazione e orchestrazione della piattaforma di GA-UC#1, GA-UC#2 e GA-UC#3. La deviazione chiave rispetto al GA è la sostituzione dell'aggregatore esterno Flexcity e della sua piattaforma proprietaria (Grafana) con una soluzione interna, la piattaforma FLEXIA, sviluppata nell'ambito del progetto FLEXIA finanziato dalla MASE italiana, gestita direttamente da CEDIS come BSP e aggregatore. Questo cambiamento è più coerente con la scala pilota, evita la dipendenza da terzi commerciali e rafforza la trasferibilità del modello in contesti simili di piccoli DSO.

- **UC-IT-02** - **Opera nel mercato nazionale di bilanciamento** copre i servizi ausiliari e la dimensione di partecipazione al mercato di bilanciamento di GA-UC#2 e GA-UC#3, con un focus su risorse a risposta più rapida (BESS, elettrolizzatore, caricabatterie intelligenti) per il ripristino della frequenza e la riserva di sostituzione. Fornisce una base di evidenza basata sulla simulazione per futuri impegni regolatori, un approccio più realistico dato l'attuale assenza dello status formale BSP di CEDIS, copre anche il framework di coordinamento TSO–DSO originariamente previsto in GA-UC#4 tramite la partecipazione simulata al mercato italiano MSD/Bilanciamento gestito dalla TSO Terna.
- **UC-IT-03 Gestire il mercato locale della flessibilità per la gestione della rete** DSO comprende completamente GA-UC#4, estendendolo con un design di mercato più completo (allineato al framework LFM ARERA Resolution 352/2021 e a progetti pilota italiani attivi come EDGE, MiNDFlex e RomeFlex), incorporando la dimensione di ottimizzazione del mercato all'ingrosso. La presenza di CEDIS come DSO locale con una rete di distribuzione chiusa e relazioni dirette con consumatori industriali connessi rende l'approccio al mercato della flessibilità locale sia più naturale che operativamente rilevante per il progetto pilota italiano. L'UC-IT-03 rivisto offre un trattamento più completo e tecnicamente coerente della flessibilità a livello DSO, inclusa la definizione di un design di mercato simulato, il ruolo di CEDIS sia come DSO che operatore di mercato, e l'interazione con le condizioni del mercato all'ingrosso.

In tutti e tre i Casi d'Uso rivisti, la piattaforma FLEXIA funge da spina dorsale tecnologica comune, in combinazione con l'iFAAP, sostituendo la piattaforma Grafana di Flexcity originariamente descritta nella GA. Questa consolidazione riflette sia la disponibilità della piattaforma FLEXIA attraverso il progetto parallelo MASE sia la necessità di una soluzione unificata e interoperabile che possa servire il bilanciamento a livello TSO, la flessibilità a livello DSO locale e la gestione interna dell'energia all'interno di un unico ambiente operativo.

TABELLA 9: PILOT #1 – PANORAMICA DEI CASI D'USO

UC ID	Titolo del Caso d'Uso	Focus principale
UC-IT-01	Flessibilità degli aggregati rispetto a carichi industriali distribuiti e risorse energetiche	Fornire servizi di flessibilità nell'aggregazione di carichi industriali e DER tramite la piattaforma FLEXIA con CEDIS come BSP/aggregatore
UC-IT-02	Operare nel mercato nazionale di bilanciamento	Esplora il bilanciamento della partecipazione al mercato con l'attenzione a risorse più rapide come BESS ed elettrolizzatori tramite la piattaforma FLEXIA
UC-IT-03	Gestire un mercato locale di flessibilità per la gestione della rete DSO	Esplora la creazione di mercati locali di flessibilità per la gestione della domanda mirata a massimizzare l'autoconsumo all'interno della CEDIS, risolvere la limitazione delle energie rinnovabili e le congestioni relative alla rete, tramite la piattaforma FLEXIA

3.2.1.1 UC- IT-01 – Flessibilità aggregata rispetto a carichi industriali distribuiti e risorse energetiche

Descrizione del Caso d'Uso - UC- IT-01

UC-IT-01 costituisce il Caso d'Uso fondamentale del pilota italiano. Il suo obiettivo principale è implementare e convalidare una piattaforma di aggregazione interoperabile, la piattaforma FLEXIA, sviluppata nell'ambito del progetto FLEXIA finanziato da MASE italiano, in grado di orchestrare la programmazione e l'attivazione dei servizi di flessibilità provenienti dai diversi asset industriali e DER situati nell'area di distribuzione CEDIS. A differenza della formulazione originale GA, che si basava su un aggregatore commerciale esterno (Flexcity) e la sua piattaforma proprietaria, UC-IT-01 pone CEDIS direttamente nel ruolo di BSP e aggregatore, garantendo pieno allineamento con le condizioni della rete locale, i requisiti di cybersecurity e il quadro normativo che regola la flessibilità a livello DSO in Italia. Il Caso d'Uso è trasversale: fornisce l'infrastruttura della piattaforma comune su cui si basano UC-IT-02 (mercato nazionale di bilanciamento) e UC-IT-03 (mercato locale della flessibilità). Il risultato atteso è una piattaforma convalidata, sicura e facile da usare, capace di programmare e attivare flessibilità in modo coordinato e affidabile, rispettando al contempo i vincoli operativi dei singoli processi industriali.

TABELLA 10: PILOT #1 - UC- IT-01 PARAMETRI GENERALI DEI PRINCIPALI CASI D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-IT-01 — Flessibilità aggregata da carichi industriali distribuiti e risorse energetiche
Breve descrizione	Gestire la piattaforma FLEXIA per orchestrare la programmazione e l'attivazione flessibili tra asset industriali e DER all'interno dell'area CEDIS, con CEDIS che agisce come BSP/aggregatore.
Obiettivo / Scopo	Implementare una piattaforma interoperabile e completa per orchestrare la programmazione e l'attivazione dei servizi di flessibilità provenienti da diversi asset industriali e DER all'interno dell'area CEDIS, garantendo l'efficacia del supporto alla rete rispettando al contempo i processi fondamentali e le esigenze di cybersecurity dei settori.
Livello di Sistema Indirizzato	Piattaforma di aggregazione
Esito atteso	Piattaforma validata, sicura e user-friendly per la pianificazione e l'attivazione della flessibilità aggregata su più asset industriali e DER all'interno dell'area CEDIS.

Contesto industriale - UC-IT-01

L'area di distribuzione CEDIS ospita un insieme di consumatori industriali con processi e profili energetici eterogenei, creando un portafoglio di flessibilità complementare. Gli asset includono produttori con processi a lotti (ad esempio produzione meccanica), industrie di processo continuo,

installazioni BESS, un elettrolizzatore a idrogeno e infrastrutture di ricarica intelligente per veicoli elettrici e carrelli elevatori. La diversità degli asset, che combina processi termici e produttivi a risposta lenta con uno stoccaggio elettrochimico a risposta rapida, è una caratteristica chiave del progetto pilota e un oggetto centrale dell'esercizio di aggregazione.

TABELLA 11: PILOT #1 - UC- IT-01 CASO D'USO CHIAVE NEL CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Cluster industriale misto: produzione discreta con processi a batch; industria di processo continuo; accumulo di energia e produzione di idrogeno.
Principali processi industriali rilevanti	Raffreddamento / riscaldamento / linee di produzione / funzionamento BESS / funzionamento elettrolizzatore / ricarica smart EV e carrelli elevatori / forni
Principali processi flessibili a consumo energetico	Raffreddamento / riscaldamento / linee di produzione / carica-scarica BESS / modulazione elettrolizzatore / ricarica smart EV e carrelli elevatori / forni
Scala di flessibilità	Singolo asset (da aggregare tramite la piattaforma FLEXIA nell'area CEDIS).
Livello di controllo	Base EMS (singolo asset EMS interfacciato con la piattaforma FLEXIA; installato e configurato dai fornitori EMS MAPS, Ecoenerg e Polytec).

Mercato e Contesto del Sistema - UC-IT-01

UC-IT-01 opera in diverse categorie di meccanismo, poiché la piattaforma FLEXIA è progettata per servire tutti e tre i contesti di mercato affrontati dal pilota italiano: contratti bilaterali interni tra CEDIS e consumatori industriali, partecipazione al mercato all'ingrosso, mercati nazionali di bilanciamento e servizi ausiliari, e il mercato locale della flessibilità all'interno della rete CEDIS. La chiave per l'operatività della piattaforma combina previsione di flessibilità, programmazione e segnali di attivazione, riflettendo l'intero ciclo operativo dalla pianificazione del giorno fino alla distribuzione quasi in tempo reale. Il livello di maturità è simulato, la piattaforma FLEXIA è in fase di sviluppo all'interno del progetto FLEXIA finanziato dal MASE. La proposta di valore UC-IT-01 si basa sulla riduzione del costo per CEDIS e utenti industriali tramite massimizzazione dell'autoconsumo, pagamenti del servizio di rete in cambio di supporto alla rete e remunerazione di mercato dai mercati di bilanciamento e all'ingrosso.

TABELLA 12: PILOT #1 - UC- IT-01 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Meccanismo	Interno (contratti bilaterali CEDIS–industrie) / All'ingrosso / Bilanciamento / Accessorio / Congestione (mercato locale di flessibilità sulla rete CEDIS).
Mercato target	DAM / Bilanciamento / Mercato della Flessibilità Locale (MLF).

Evento di avviamento	Previsione della flessibilità / programma di flessibilità / segnale di attivazione della flessibilità.
Livello di maturità	Simulated (piattaforma in fase di sviluppo all'interno del progetto MASE FLEXIA; il pilota convaliderà le prestazioni della piattaforma in simulazione).
Valore primario	Risparmio / Ricavi / Supporto alla rete / Massimizzazione dell'autoconsumo
Flusso di entrate / benefici	Riduzione dei costi per gli utenti CEDIS e industriali / Remunerazione di mercato derivante dal bilanciamento e dai mercati all'ingrosso / pagamenti dei servizi di rete.

Attori di Case d'Uso - UC-IT-01

Siti industriali (Innova, Polytec e **Poncial):** Forniscono carichi flessibili e DER alla piattaforma FLEXIA. Ogni sito espone la flessibilità disponibile e i vincoli operativi tramite il proprio EMS locale, che comunica direttamente con la piattaforma.

CEDIS (DSO locale e BSP/aggregatore): Identifica le esigenze della rete e le opportunità di mercato, gestisce la piattaforma FLEXIA, programma e attiva flessibilità su tutto il portafoglio aggregato. CEDIS sostituisce il ruolo originariamente previsto per l'aggregatore esterno Flexcity, internalizzando l'aggregazione all'interno del DSO e garantendo coerenza con la gestione locale della rete.

Maps Energy + FBK: Responsabile dello sviluppo della piattaforma FLEXIA in linea con i requisiti degli stakeholder e le raccomandazioni sulla cybersecurity.

Ecoenerg / Polytec (fornitori EMS): Installare e configurare i sistemi EMS su singoli asset industriali, garantendo una comunicazione diretta e standardizzata tra asset e la piattaforma FLEXIA.

Operazioni di Casi d'Uso - UC-IT-01

L'operazione UC-IT-01 è strutturata attorno a tre fasi operative: previsione e programmazione (giorno in anticipo), ottimizzazione e prequalifica, e attivazione quasi in tempo reale. La piattaforma riceve continuamente dati da EMS industriali, previsioni di generazione e di mercato, ed esegue ottimizzazioni multi-obiettivo per generare programmi di flessibilità. Ricevendo un segnale di attivazione (da CEDIS come DSO, o dal TSO nazionale), la piattaforma effettua un'ottimizzazione multi-obiettivo per identificare la strategia di flessibilità più adatta, considerando le condizioni operative degli asset disponibili. Successivamente invia i setpoint di attivazione ai singoli Energy Management Systems (EMS) dell'asset, che controllano i corrispondenti asset fisici. Le azioni di flessibilità risultanti possono includere spostamento o riduzione del carico, riprogrammazione dei processi, ricarica o scarica BESS e modulazione elettrolizzatore, con il risultato atteso di pianificare la flessibilità in anticipo e attivarla con successo quando richiesto dalle condizioni di rete o di mercato.

TABELLA 13: PILOT #1 - UC- IT-01 FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso

Evento di avviamento	Segnale della rete (ad esempio evento di riduzione fotovoltaica) / generazione e previsione di mercato / richiesta di servizio accessorio dalla rete nazionale (Terna).
Dati di ingresso / variabili	i programmi di produzione e i dati di consumo quasi in tempo reale dei siti industriali; previsioni di generazione e dati quasi in tempo reale; previsioni di flusso di rete e misurazioni quasi in tempo reale; previsioni di anticipo e bilanciamento delle previsioni dei prezzi di mercato.
Logica decisionale	La piattaforma FLEXIA esegue ottimizzazione multi-obiettivo basata sui dati ricevuti e invia setpoint di attivazione ai singoli asset EMS, che controllano gli asset fisici.
Azione attesa	Spostamento del carico / riduzione del carico / riprogrammazione del processo / carica o scarica BESS / modulazione dell'elettrolizzatore.
Esito atteso	Flessibilità pianificata in anticipo e attivata con successo quando necessario.

Sistemi, Dati e Vincoli

Sistemi coinvolti: piattaforma di aggregazione e ottimizzazione FLEXIA (progetto MASE); sistemi EMS locali su singoli asset industriali (MAPS, Ecoenerg, Polytec); sistemi SCADA; strumenti di previsione per generazione e carico; interfacce per piattaforme di mercato (GME per mercati nazionali-MLF, Piclo o equivalente per il mercato locale).

Informazioni utilizzate: dati di consumo in tempo reale e previsionali per asset; previsioni fotovoltaiche e di altra generazione; misurazioni del flusso della rete al confine CEDIS; prezzi di mercato con anticipo giornaliero; bilanciamento dei segnali di mercato; vincoli operativi a livello di attività e programmi.

Vincoli tecnici e operativi: limiti di capacità per asset; limiti di temperatura termica del processo; limiti di stato di carica e cicli BESS; durata massima per un nuovo setpoint; tempo minimo di risposta per risorse rapide; requisiti di continuità del programma di produzione; requisiti di comfort per i processi di riscaldamento e raffreddamento; requisiti di cybersecurity e privacy dei dati per le comunicazioni della piattaforma.

Vincoli di mercato e normativi: bilanciare le condizioni di accesso al mercato per CEDIS come BSP; accordi contrattuali bilaterali tra CEDIS e consumatori industriali; conformità al GDPR e al NIS2 per la gestione dei dati della piattaforma.

Scenario Principale di Utilizzo

Rilevazione: CEDIS rileva un vincolo imminente della rete o riceve un segnale di mercato (ad esempio previsione di sovrapproduzione fotovoltaica, prezzi all'ingrosso elevati).

Valutazione: La piattaforma FLEXIA raccoglie dati quasi in tempo reale e di previsione da tutti gli asset connessi e dalla rete e valuta la flessibilità complessiva disponibile su tutto il portafoglio.

Decisione: La piattaforma effettua l'ottimizzazione e genera un programma di flessibilità, selezionando le risorse in base a disponibilità, velocità di risposta e costi. CEDIS esamina e conferma il calendario.

Attivazione: Ricevendo un segnale di attivazione (dal DSO CEDIS o da Terna), la piattaforma invia comandi setpoint ai singoli EMS dell'asset. Gli asset rispondono regolando carico o generazione entro i loro vincoli operativi.

Monitoraggio e risultato: La piattaforma monitora la risposta di flessibilità di ciascun asset. I risultati vengono registrati e utilizzati per il regolamento di liquidazione, la reportistica e la verifica dei KPI.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Operare nel mercato nazionale di bilanciamento

Descrizione del Caso d'Uso - UC-IT-02

UC-IT-02 si concentra sulla partecipazione simulata di CEDIS, agendo come BSP, nel mercato nazionale dei servizi di bilanciamento e accessori gestito dal TSO tramite il meccanismo di bilanciamento MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) e il meccanismo UVAM (Unità Virtuali Abilitate Miste - gruppi di impianti di produzione e consumo elettrico gestiti insieme da un aggregatore). Basandosi sull'infrastruttura di aggregazione stabilita in UC-IT-01, questo Caso d'Uso dà priorità alle risorse a risposta rapida, in particolare l'accumulo BESS, l'elettrolizzatore e i caricabatterie smart EV/carrelli elevatori, capaci di fornire servizi di ripristino della frequenza (risposta entro 5–15 minuti) e, per carichi industriali più lenti, servizi di riserva sostitutiva (risposta entro 30–60 minuti). Questo Caso d'Uso è esplicitamente progettato come simulazione, riflettendo il contesto normativo attuale in Italia: CEDIS, in quanto piccolo DSO locale, affronta barriere di soglia minima di offerta e prequalifica per la partecipazione diretta alla MSD. La simulazione quantificherà il potenziale valore del portafoglio aggregato CEDIS per il supporto al bilanciamento nazionale e il coordinamento TSO-DSO, oltre a fornire una base di evidenza validata per il futuro impegno normativo.

TABELLA 14: PILOT #1 - UC-IT-02 PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-IT-02 — Operare nel mercato nazionale del bilanciamento
Breve descrizione	Simulare la partecipazione a CEDIS nel mercato nazionale MSD/bilanciamento gestito dal TSO (potenzialmente tramite meccanismi UVAM), con particolare attenzione a risorse di risposta rapida (BESS, elettrolizzatore, caricabatterie intelligenti) per il ripristino della frequenza e i servizi di riserva sostitutiva.
Obiettivo / Scopo	Offrire la flessibilità aggregata dalla piattaforma FLEXIA al TSO tramite mercati MSD/UVAM con CEDIS come BSP simulato, concentrandosi su risorse in grado di fornire una risposta più rapida per il ripristino della frequenza (5–15 min) e riserva di sostituzione per risorse più lente (30–60 min).
Livello di Sistema Indirizzato	Piattaforma di aggregazione / mercato nazionale di gestione della rete / bilanciamento.
Esito atteso	Contributo potenziale di flessibilità validato dall'aggregato CEDIS per i servizi ausiliari nazionali, con scenari di ricavo quantificati e identificazione di barriere tecniche e normative alla partecipazione reale.

Contesto industriale - UC-IT-02

UC-IT-02 si basa sulla stessa base di asset dell'UC-IT-01, ma con una priorità deliberata di asset con profili di risposta più rapidi e controllabili. Il BESS e l'elettrolizzatore sono le risorse primarie per i servizi di ripristino della frequenza, data la loro capacità di rispondere in pochi secondi o minuti. Verrà inoltre esplorato il potenziale di flessibilità dei colonne di ricarica EV/carrelli elevatori. Carichi industriali con inerzia termica (riscaldamento, raffreddamento) e linee di produzione con capacità di buffer sono considerati per servizi di riserva sostitutivi più lenti.

TABELLA 15: PILOT #1 - UC-IT-02 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Cluster industriale misto: priorità per asset a risposta rapida: BESS, elettrolizzatore, ricarica smart EV/carrello elevatore; ruolo secondario per carichi termici e di produzione.
Principali processi industriali rilevanti	Carica/scarica / modulazione elettrolizzatore BESS / ricarica intelligente per EV e carrelli elevatori / processi di raffreddamento e riscaldamento / linee di produzione.
Principali processi flessibili a consumo energetico	BESS / elettrolizzatore / caricabatterie intelligenti (primario); raffreddamento, riscaldamento, linee di produzione (secondaria).
Scala di flessibilità	Singolo asset (aggregato tramite piattaforma FLEXIA per l'offerta TSO congiunta).
Livello di controllo	EMS (singoli asset EMS che trasmettono i setpoint di controllo ricevuti dalla piattaforma FLEXIA quasi in tempo reale).

Mercato e Contesto del Sistema - UC-IT-02

Il meccanismo di mercato rilevante è il Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD) nazionale italiano, incluso il programma UVAM (Unità Virtuale Abilitata Mista) che consente a risorse distribuite aggregate di partecipare come unità virtuali nella fornitura di servizi ausiliari richiesta dalla TSO TERNA. L'UC ha un livello di maturità simulato per la validazione del potenziale di partecipazione futura, poiché CEDIS non detiene ancora lo status BSP, e si basa sui ricavi dei partecipanti tramite pagamenti di servizi di rete da parte della TSO in cambio di servizi di supporto alla rete.

TABELLA 16: PILOT #1 - UC-IT-02 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Meccanismo	Bilanciamento / Servizi ausiliari (livello TSO nazionale).
Mercato target	MSD / UVAM (mercato nazionale di bilanciamento, TSO).

Evento di avviamento	Richiesta di servizio ausiliario dalla rete nazionale (segnale di attivazione TSO).
Livello di maturità	Simulato (CEDIS non detiene ancora lo status BSP; la simulazione valida il potenziale e informa la partecipazione futura).
Valore primario	Supporto ai ricavi / rete.
Flusso di entrate / benefici	Pagamenti del servizio di rete da parte del TSO (remunerazione simulata MSD/UVAM per CEDIS e siti industriali partecipanti).

Attori di Casi d'Uso - UC-IT-02

Siti industriali (Innova, Polytec e Poncial): Fornire carichi flessibili e asset a risposta rapida (BESS, elettrolizzatore, caricabatterie intelligenti) alla piattaforma FLEXIA per scopi di bilanciamento nazionale.

CEDIS (BSP/aggregatore, simulato): Gestisce la piattaforma FLEXIA in modalità BSP, aggrega il portafoglio di flessibilità, invia offerte al mercato nazionale (in simulazione) e gestisce i comandi di attivazione.

Terna / GME: Terna (TSO nazionale) acquista la flessibilità offerta per la sua attività di dispatching (tramite la piattaforma GME).

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-IT-02

UC-IT-02 viene avviato al ricevimento di una richiesta di servizio ausiliario dalla rete nazionale tramite un segnale di attivazione TSO. La piattaforma FLEXIA elabora la richiesta utilizzando i programmi dei siti industriali e i dati operativi quasi in tempo reale, previsioni e misurazioni di generazione, previsioni del flusso di rete, previsioni di bilanciamento del mercato e dati storici di attivazione dal TSO. Sulla base di questi input, la piattaforma ottimizza le risorse di flessibilità disponibili a risposta rapida e determina la combinazione di azioni più adatta, inviando setpoint di attivazione ai singoli Sistemi di Gestione Energetica (EMS), mentre CEDIS conferma che il dispatch agisce come Provider di Servizi di Bilanciamento (BSP) simulato. Le azioni di flessibilità attese includono riduzione del carico, caricamento o scarica BESS, modulazione elettrolizzatore e riduzione del caricatore intelligente. Di conseguenza, le risorse selezionate vengono attivate in risposta alla richiesta TSO, fornendo la flessibilità necessaria al dispatch nazionale simulato.

TABELLA 17: PILOT #1 - FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO UC-IT-02

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Richiesta di servizio ausiliario dalla rete nazionale (segnale di attivazione TSO).
Dati di ingresso / variabili	i programmi dei siti industriali e i dati quasi in tempo reale; previsioni di generazione e dati quasi in tempo reale; previsioni di flusso di rete; bilanciamento delle previsioni di mercato e dati storici di attivazione da TSO.

Logica decisionale	La piattaforma FLEXIA esegue l'ottimizzazione tra le risorse disponibili a risposta rapida e invia setpoint di attivazione ai singoli EMS. CEDIS conferma la distribuzione come BSP simulata.
Azione attesa	Riduzione del carico / scarica BESS o carica / modulazione elettrolizzatore / riduzione del caricatore intelligente.
Esito atteso	Flessibilità attivata e fornita al dispatch nazionale simulato.

Sistemi, Dati e Vincoli - UC-IT-02

Sistemi coinvolti: piattaforma FLEXIA; EMS singoli a asset; sistemi SCADA; strumenti di previsione; interfaccia di mercato GME (per la partecipazione MSD nella simulazione); dati storici di dispatch TSO per la replica del segnale.

Informazioni utilizzate: dati di consumo di asset e stato di carico quasi in tempo reale; previsioni di generazione; bilanciamento delle previsioni di prezzo e volume di mercato; segnali di dispatch TSO (simulati).

Vincoli tecnici e operativi: limiti di ciclo BESS e di stato di carica; velocità minime stabili di carico e rampa dell'elettrolizzatore; requisiti di continuità di processo per carichi industriali; limiti di latenza a risposta rapida; soglia minima di offerta per la partecipazione agli MSD.

Vincoli di mercato e normativi: Attualmente CEDIS non possiede la prequalifica BSP presso TSO, quindi la partecipazione è simulata. Gli accordi contrattuali bilaterali con i consumatori industriali regolano gli obblighi di flessibilità e la remunerazione.

Scenario Principale di Uso - UC-IT-02

Rilevazione: La piattaforma FLEXIA riceve un segnale simulato di attivazione TSO, che richiede una regolazione verso l'alto o verso il basso dall'unità virtuale CEDIS.

Valutazione: La piattaforma valuta lo stato quasi in tempo reale di tutte le risorse a risposta rapida (stato di carica BESS, carico dell'elettrolizzatore, disponibilità di ricarica intelligente) e stima il volume totale di flessibilità attivabile.

Decisione: L'ottimizzatore seleziona la combinazione più appropriata di asset per soddisfare la richiesta all'interno delle bande di tolleranza, dando priorità a BESS ed elettrolizzatore per una risposta rapida, e carichi più lenti per la riserva di sostituzione.

Attivazione: La piattaforma invia comandi di setpoint ai singoli EMS dell'asset. Le risorse rispondono entro il tempo richiesto (5–15 minuti per risorse rapide; 30–60 minuti per carichi più lenti).

Monitoraggio e risultati: La piattaforma registra la risposta di attivazione e la confronta con le bande di volume e tolleranza richieste. I ricavi simulati MSD vengono calcolati in base alle regole di mercato applicabili. Lacune e parziali esecuzioni vengono registrate per l'analisi.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Gestire il mercato locale di flessibilità per la gestione della rete DSO

Descrizione del Caso d'Uso - UC-IT-03

UC-IT-03 si concentra sulla simulazione di un mercato locale di flessibilità (LFM) all'interno della rete di distribuzione CEDIS, utilizzando la piattaforma FLEXIA come struttura operativa. Questo Caso d'Uso è direttamente allineato con il contesto regolatorio italiano in rapida evoluzione per la flessibilità a livello DSO, in particolare la Risoluzione ARERA 352/2021 e i progetti pilota attivi LFM (EDGE, MiNDFlex, RomeFlex) che testano meccanismi di mercato per la gestione della congestione e la riduzione della riduzione della rete RES a livello di distribuzione. Il contesto specifico di CEDIS, una piccola rete di distribuzione chiusa con significativa generazione rinnovabile (PV), asset di stoccaggio e elettrolizzatori in crescita, e diversi consumatori industriali, lo rende un banco di prova particolarmente rilevante per la progettazione di mercati flessibili locali. Gli obiettivi operativi principali sono: massimizzare l'autoconsumo all'interno della rete CEDIS (riducendo sia importazione che esportazione nel punto di interconnessione con la rete nazionale); risolvere eventi di curtailment fotovoltaico derivanti da vincoli di rete locale; e ottimizzare le condizioni economiche degli scambi all'ingrosso del CEDIS verso l'esterno. I risultati attesi di UC-IT-3 comprendono il validato di un'operazione simulata di mercato locale di flessibilità all'interno di un contesto DSO piccolo e la quantificazione dell'impatto sull'autoconsumo, la riduzione delle limitazioni, il sollievo dalla congestione della rete e l'ottimizzazione dei costi del mercato all'ingrosso.

TABELLA 18: PILOT #1 - UC-IT-03 PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-IT-03 — Gestire il mercato locale di flessibilità per la gestione della rete DSO
Breve descrizione	Simulare un mercato locale di flessibilità all'interno della rete CEDIS per massimizzare l'autoconsumo, risolvere la limitazione delle RES, alleviare la congestione locale e ottimizzare gli scambi di mercato all'ingrosso, tramite la piattaforma FLEXIA.
Obiettivo / Scopo	Simulare un mercato locale di flessibilità per la gestione della domanda volto a massimizzare l'autoconsumo all'interno della rete CEDIS, risolvere la limitazione delle energie rinnovabili e le congestioni correlate della rete, e ottimizzare le borse sul mercato all'ingrosso, con CEDIS che agisce sia come DSO che come operatore di mercato.
Livello di Sistema Indirizzato	Piattaforma di operazione della rete di distribuzione / aggregazione / mercato locale.
Esito atteso	Simulazione validata dell'operazione locale del mercato della flessibilità in un contesto DSO di piccole dimensioni; impatto quantificato sull'autoconsumo, riduzione della limitazione, riduzione della congestione della rete e ottimizzazione dei costi del mercato all'ingrosso.

Contesto industriale - UC-IT-03

È coinvolta la stessa base di asset di UC-IT-01 e UC-IT-02, con tutti i tipi di asset rilevanti per questo Caso d'Uso. La complementarità tra flessibilità nell'aumento del carico (assorbimento della generazione fotovoltaica in eccesso, riduzione delle esportazioni) e flessibilità nella riduzione del carico (riduzione delle importazioni quando i prezzi all'ingrosso sono alti o quando vincoli locali lo richiedono) è una caratteristica chiave del mercato locale.

TABELLA 19: PILOT #1 - UC-IT-03 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Cluster industriale eterogeneo: tutti gli asset all'interno dell'area CEDIS, inclusi produttori, BESS, elettrolizzatori e caricabatterie intelligenti.
Principali processi industriali rilevanti	Raffreddamento / riscaldamento / linee di produzione / BESS carica-scarica / elettrolizzatore / ricarica smart EV e carrelli elevatori / caldaie.
Principali processi flessibili a consumo energetico	Tutte le opzioni sopra menzionate sono rilevanti sia la flessibilità verso l'alto (riduzione del carico / scarica di accumulo) sia la flessibilità verso il basso (aumento del carico / carica di accumulo / aumento dell'elettrolizzatore).
Scala di flessibilità	Singolo asset (aggregato tramite piattaforma FLEXIA per la dispatch sul mercato locale).
Livello di controllo	Basati su EMS (gli asset EMS ricevono i setpoint dalla piattaforma FLEXIA all'attivazione del CEDIS).

Mercato e Contesto del Sistema - - UC-IT-03

Il mercato locale della flessibilità simulato in UC-IT-03 è strutturato in linea con il framework italiano LFM derivante dalla Risoluzione ARERA 352/2021 e dai progetti pilota attivi. CEDIS agisce contemporaneamente come DSO (identificazione delle esigenze della rete) e come operatore del mercato locale (ricevendo offerte di flessibilità dai BSP industriali e attivandole in ordine di merito). Il design del mercato include la pianificazione anticipata (day-ahead) e l'attivazione quasi in tempo reale, innescate da segnali di rete o condizioni di mercato all'ingrosso. Il Caso d'Uso tiene conto anche della doppia natura delle esigenze di flessibilità all'interno della rete CEDIS: è necessaria flessibilità verso l'alto (riduzione del carico o scarica di accumulo) durante periodi di prezzi all'ingrosso elevati o vincoli di importazione della rete, mentre la flessibilità al ribasso (aumento del carico, accumulo) è necessaria durante i periodi di eccesso di generazione fotovoltaica locale per evitare limitazioni e congestioni di rete. La proposta di valore UC-IT-03 si basa sulla riduzione più alta del mercato all'ingrosso dell'elettricità per CEDIS e sulla massimizzazione dell'autoconsumo, pagamenti dei servizi di rete tramite remunerazione simulata LFM in cambio dei servizi di supporto alla rete e conseguenti ricavi e risparmi per gli utenti industriali.

TABELLA 20: PILOT #1 - UC-IT-03 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso

Obiettivo / Meccanismo	Interno (contratti bilaterali CEDIS–industrie) / Gestione della congestione (mercato locale di flessibilità all'interno della rete CEDIS).
Mercato target	Mercato Locale della Flessibilità (MLF, simulato) / DAM (per ottimizzazione del mercato all'ingrosso).
Evento di avviamento	Segnale di vincolo di rete (riduzione fotovoltaica, congestione locale) / segnale di prezzo di mercato all'ingrosso (elevati costi di importazione o surplus all'esportazione).
Livello di maturità	Simulato (allineato al nuovo quadro normativo italiano delle LFM; CEDIS non gestisce ancora una LFM formale).
Valore primario	Risparmio / Ricavi / Supporto alla rete / Massimizzazione dell'autoconsumo.
Flusso di entrate / benefici	Riduzione dei costi nel mercato all'ingrosso per i pagamenti CEDIS / Grid Service (remunerazione simulata LFM) / Ricavi e risparmi per gli utenti industriali.

Attori di Case d'Uso - UC-IT-03

Siti industriali (Innova, Polytec e Poncial): Offrono servizi di flessibilità (verso l'alto e verso il basso) a CEDIS tramite la piattaforma FLEXIA, sotto contratti bilaterali e partecipazione simulata al LFM. Ogni sito presenta offerte di disponibilità e attivazione basate sui propri vincoli operativi e sulla struttura dei costi.

CEDIS (DSO e BSP): Identifica i vincoli della griglia e le esigenze di mercato, riceve offerte di flessibilità tramite la piattaforma FLEXIA, seleziona le risorse in ordine di merito e attiva la flessibilità quando necessario. CEDIS è in una posizione unica per agire sia come DSO che come BSP, data la sua struttura di rete chiusa e il rapporto diretto con i consumatori industriali connessi.

GME / Piclo (interfacce di piattaforma di mercato): Fornire l'infrastruttura lato mercato per la presentazione e il regolamento delle offerte nel mercato simulato della flessibilità locale. Nel futuro contesto reale, GME potrebbe gestire le aste MLF (in linea con il framework ARERA 372/2023), oppure al contrario Piclo Flex come potenziale intermediario della piattaforma.

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-IT-03

UC-IT-03 è avviato da una richiesta di servizio di flessibilità da parte di CEDIS, innescata da curtailment di energia rinnovabile, che richiede flessibilità verso il basso tramite aumento del carico, oppure da alti prezzi all'ingrosso o congestione della rete locale, richiedendo flessibilità a salire tramite riduzione del carico. La piattaforma FLEXIA combina i programmi dei siti industriali e i dati operativi quasi in tempo reale con previsioni e misurazioni fotovoltaiche e di generazione, previsioni di flusso di rete e misurazioni quasi in tempo reale al confine CEDIS, e previsioni di prezzo di mercato giornaliere. Sulla base di questi input, la piattaforma ottimizza le risorse di flessibilità disponibili in base alle condizioni di rete e mercato e le seleziona in ordine di merito in base al costo di attivazione crescente. CEDIS quindi conferma e attiva l'attivazione, con FLEXIA inviando i relativi setpoint agli asset selezionati. Le azioni attese includono lo spostamento del carico, l'aumento del carico per assorbire generazioni rinnovabili altrimenti limitate, la riduzione del carico per affrontare congestione

o eventi di alto prezzo, il carico o la ricarica BESS e la riprogrammazione dei processi. La flessibilità risultante è fornita a CEDIS per aumentare l'autoconsumo all'interno della sua rete, mitigare la limitazione delle energie rinnovabili e la congestione correlata, e ottimizzare gli scambi con il mercato all'ingrosso dell'elettricità.

TABELLA 21: PILOT #1 - INFORMAZIONI SPECIFICHE PER I CASI D'USO CHIAVE UC-IT-03

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Richiesta di servizio di flessibilità da parte di CEDIS dovuta a: (a) riduzione delle RES (riducimento - aumento del carico); oppure (b) elevati prezzi all'ingrosso di importazione o congestione della rete locale (flessibilità risalita - riduzione del carico).
Dati di ingresso / variabili	i programmi dei siti industriali e i dati quasi in tempo reale; previsioni fotovoltaiche e di generazione e dati quasi in tempo reale; previsioni del flusso della rete e misurazioni quasi in tempo reale al confine CEDIS; previsione dei prezzi di mercato con anticipo giornaliero.
Logica decisionale	La piattaforma FLEXIA esegue ottimizzazioni basate sulle condizioni della griglia e del mercato e seleziona le risorse in ordine di merito (costo di attivazione crescente). CEDIS conferma e attiva l'attivazione.
Azione attesa	Spostamento del carico / aumento del carico (per l'assorbimento della limitazione) / riduzione del carico (per congestione o eventi di alto costo) / Carico o scarica BESS / riprogrammazione del processo.
Esito atteso	Flessibilità attivata e fornita a CEDIS per massimizzare l'autoconsumo all'interno della rete CEDIS, risolvere la limitazione delle energie rinnovabili e le congestioni correlate della rete, ottimizzando gli scambi sul mercato all'ingrosso.

Sistemi, Dati e Vincoli

Sistemi coinvolti: piattaforma FLEXIA; EMS per singoli asset; sistema SCADA presso CEDIS; strumenti di previsione per generazione fotovoltaica, carico e prezzi di mercato; interfaccia di mercato GME/Piclo (per operazione simulata LFM); interfacce di piattaforma di mercato.

Informazioni utilizzate: dati di consumo in tempo reale e previsione a livello di asset; previsione della generazione fotovoltaica e produzione quasi in tempo reale; misurazioni del flusso della rete al punto di interconnessione CEDIS; prezzi all'ingrosso (DAM); offerte di flessibilità da siti industriali (capacità, prezzo, disponibilità).

Vincoli tecnici e operativi: limiti di capacità per asset; vincoli di stato di carica e cicli del BESS; velocità minime di carico e rampa dell'elettrolizzatore; limiti di temperatura di processo per carichi termici; durata massima dei punti di regolazione; requisiti di cybersecurity per l'attivazione remota.

Vincoli di mercato e regolamentari: accordi contrattuali bilaterali tra CEDIS e consumatori industriali (definizione di obblighi di flessibilità, remunerazione e penalità); condizioni del mercato all'ingrosso per CEDIS (deficit prezzato in modo diverso rispetto al surplus nel mercato italiano GME); assenza di un meccanismo formale LFM per CEDIS (simulazione richiesta).

Scenario Principale di Utilizzo

Rilevazione: CEDIS rileva un imminente evento di sovrapproduzione fotovoltaica (generazione locale in eccesso probabilmente superiore ai limiti di esportazione della rete) o un periodo di prezzo all'ingrosso elevato (opportunità di ottimizzazione dei costi di importazione). La piattaforma FLEXIA viene notificata e avvia il ciclo di programmazione.

Valutazione: La piattaforma raccoglie dati quasi in tempo reale e di previsione da tutti gli asset e dal confine della rete e valuta la flessibilità disponibile verso l'alto o verso il basso in tutto il portafoglio.

Decisione: La piattaforma seleziona le risorse in ordine di merito, abbinando le offerte di flessibilità dei siti industriali alle specifiche esigenze della griglia (direzione, volume, tempismo). CEDIS conferma il piano di attivazione.

Attivazione: CEDIS emette un segnale di attivazione. La piattaforma FLEXIA invia comandi setpoint ai singoli EMS degli asset. Le risorse rispondono aumentando o riducendo il loro carico entro i vincoli operativi.

Monitoraggio e risultati: La piattaforma monitora la risposta di flessibilità di ciascun asset e verifica il pagamento rispetto alla direzione e al volume richiesti. I risultati vengono registrati per la liquidazione secondo contratti bilaterali e per la rendicontazione dei KPI. Le lacune residue attivano contromisure da altre risorse disponibili.

3.2.2 Sito Pilota #2: Pilota austriaco

Panoramica del Caso d'Uso del pilota

Il progetto pilota austriaco indaga come la flessibilità di due siti industriali nella Stiria sudorientale possa essere utilizzata in modo più efficace in diverse condizioni di mercato energetico. Il progetto pilota comprende Gsellmann Mischfuttererzeugung, un'azienda di produzione di mangimi con processi di macinazione e produzione ad alta intensità elettrica, e Fleischhof Raabtal, un'azienda di lavorazione della carne la cui domanda elettrica è fortemente influenzata da esigenze di refrigerazione continua e conservazione a freddo.

Nel progetto pilota austriaco nel complesso, tre Casi d'Uso affrontano aspetti complementari della flessibilità industriale. Il primo Caso d'Uso - UC-AT-01 - si concentra sulla risposta flessibile del consumo di elettricità industriale a prezzi dinamici basati sui prezzi del mercato day-ahead. Considera come la flessibilità identificata dei processi industriali, insieme alla generazione fotovoltaica in loco e allo stoccaggio disponibile, possa essere utilizzata per spostare il consumo di elettricità verso periodi più favorevoli.

Il secondo Caso d'Uso - UC-AT-02 - esplora lo sviluppo di un possibile futuro mercato di flessibilità a livello di distribuzione in Austria. Poiché attualmente non esiste un mercato di questo tipo, il Caso d'Uso indaga come la flessibilità industriale possa contribuire potenzialmente a ridurre la congestione della rete di distribuzione e a migliorare l'integrazione della generazione rinnovabile all'interno di un possibile mercato futuro DSO.

Il terzo Caso d'Uso - UC-AT-03 - amplia questa prospettiva esaminando il potenziale coordinamento della flessibilità industriale tra il possibile futuro meccanismo a livello DSO trattato nell'UC-AT-02 e i meccanismi di flessibilità esistenti a livello TSO.

L'approccio differisce tra i tre Casi d'Uso. UC-AT-01 è collegato all'analisi della flessibilità industriale in risposta ai prezzi dinamici Day-Ahead. UC-AT-02 e UC-AT-03 sono principalmente esplorativi e basati sull'informazione perché attualmente non esiste un mercato di flessibilità DSO in Austria e non si presume la partecipazione diretta dei singoli Siti Pilota nei mercati di flessibilità TSO. Questi Casi d'Uso combinano quindi ricerche sulle condizioni di mercato e normative rilevanti, lo scambio di conoscenze con partner LEONARDO, la definizione e valutazione di scenari rappresentativi e il feedback dall'ecosistema pilota austriaco. I loro risultati attesi sono concetti e raccomandazioni pratiche svalutate, piuttosto che attivazioni reali di mercato DSO o TSO.

TABELLA 22: PILOT #2: PANORAMICA DEI CASI D'USO

UC ID	Titolo del Caso d'Uso	Focus principale
UC-AT-01	Esplora strategie diverse di partecipazione al mercato energetico in Austria	Esplora la risposta flessibile del consumo di energia elettrica industriale ai prezzi dinamici basati sui prezzi del mercato day-ahead in considerazione, considerando la flessibilità disponibile dei processi, la generazione fotovoltaica in loco e lo stoccaggio.
UC-AT-02	Progettazione del mercato della flessibilità a livello di distribuzione	Esplora come la flessibilità industriale potrebbe contribuire a ridurre la congestione all'interno di un possibile futuro mercato di flessibilità a livello di distribuzione in Austria.
UC-AT-03	Coordinamento della flessibilità multilivello	Valutare come la flessibilità industriale potrebbe potenzialmente essere coordinata tra un possibile futuro meccanismo di flessibilità a livello DSO e i meccanismi esistenti a livello TSO.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Esplora strategie diverse di partecipazione al mercato energetico in Austria

Descrizione del Caso d'Uso - UC-AT-01

UC-AT-01 indaga come la flessibilità disponibile dei due siti industriali austriaci potrebbe essere utilizzata in modo più economico in risposta ai prezzi dinamici dell'elettricità basati sui prezzi del mercato Day-Ahead. Si presta particolare attenzione al coordinamento del consumo industriale flessibile con i segnali di prezzo Day-Ahead, alla generazione fotovoltaica in loco e alla flessibilità disponibile per lo stoccaggio o simile allo storage.

A Gsellmann, la valutazione si concentra sul coordinamento della macinazione e di altri carichi produttivi variabili con i prezzi di mercato, la disponibilità fotovoltaica e il funzionamento futuro del sistema di accumulo a batterie. A Fleischhof Raabtal, il principale potenziale risiede nell'adattamento del funzionamento della refrigerazione entro i limiti applicabili di temperatura, igiene e catena del freddo, ad esempio attraverso il pre-raffreddamento durante periodi favorevoli di prezzo o generazione fotovoltaica.

Il Caso d'Uso non richiede offerte automatiche di mercato né il controllo diretto a distanza delle attrezzature industriali. Il risultato atteso è un confronto basato su evidenze tra strategie operative fattibili e raccomandazioni corrispondenti per i siti industriali.

TABELLA 23: PILOT #2 - UC-AT-01: PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-AT-01 – Esplora strategie diverse di partecipazione al mercato energetico in Austria
Breve descrizione	Valutare la flessibilità del consumo di elettricità industriale in risposta ai prezzi dinamici dell'elettricità basati sui prezzi del mercato day-anticipo, tenendo conto della flessibilità disponibile dei consumatori industriali.
Obiettivo / Scopo	Analizza come la flessibilità disponibile dei siti industriali possa essere ottimizzata in risposta ai segnali di prezzo Day-Forward, con particolare attenzione all'efficace utilizzo della generazione fotovoltaica in loco e all'accumulo di energia disponibile.
Livello di Sistema Indirizzato	Processo industriale / mercato
Esito atteso	Identificazione di strategie operative adeguate basate sulle reali caratteristiche di flessibilità dei processi rilevanti, inclusa la quantificazione del potenziale di riduzione dei costi elettrici, un aumento dell'autoconsumo fotovoltaico e un utilizzo più efficace dello stoccaggio disponibile e della flessibilità simile allo storage.

Contesto industriale - UC-AT-01

Il Caso d'Uso copre due settori industriali legati al settore alimentare con caratteristiche di flessibilità differenti.

Gsellmann gestisce un impianto di produzione di alimentazione ad alta intensità elettrica. La macinazione e la rettifica rappresentano carichi particolarmente rilevanti, mentre una flessibilità aggiuntiva può essere disponibile nei processi di produzione e trasporto associati. La logica di gestione del carico esistente già dà priorità o riduce temporaneamente alcuni carichi per rimanere all'interno della capacità di connessione alla rete contrattata. I mulini, entro i limiti di processo, possono essere spostati tra stati carico, non scaricato e spento. Tuttavia, la flessibilità è generalmente limitata a periodi più brevi perché ordini di produzione, domanda del cliente e continuità del processo rimangono le principali priorità operative.

A Fleischhof Raabtal, sono necessarie continuamente refrigerazioni e conservazioni a freddo per mantenere la qualità del prodotto, l'igiene e la sicurezza alimentare. La flessibilità può quindi essere ottenuta solo entro le fasce di temperatura e l'inerzia termica consentite delle aree refrigerate. Le strategie potenziali includono il pre-raffreddamento prima dei periodi di prezzi elevati dell'elettricità o la riduzione della domanda di refrigerazione durante brevi periodi sfavorevoli, a condizione che i limiti di temperatura specificati vengano rispettati.

TABELLA 24: PILOT #2 - UC-AT-01: CASO D'USO CHIAVE PER IL CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Produzione di mangimi – Gsellmann Mischfuttererzeugung; lavorazione della carne con refrigerazione continua – Fleischhof Raabtal
Principali processi industriali rilevanti	Gsellmann: raccolta dei cereali, essiccazione, macinazione, miscelazione, trasporto e gestione in silos. Fleischhof Raabtal: macellazione e lavorazione della carne, conservazione a freddo, refrigerazione continua, linee di ventilazione e lavorazione
Principali processi flessibili a consumo energetico	Gsellmann: macinazione e macinazione. Fleischhof Raabtal: compressori di refrigerazione, pre-raffreddamento e conservazione a freddo
Scala di flessibilità	Singolo asset / sito industriale
Livello di controllo	Sistemi esistenti di controllo a livello di asset e di sito, supportati da funzioni di gestione energetica e di carico

Mercato e Contesto di Sistema - UC-AT-01

UC-AT-01 affronta la risposta flessibile del consumo di elettricità industriale ai prezzi dinamici basati sui prezzi del mercato del giorno prima. Il principale fattore esterno è lo sviluppo dei prezzi dell'elettricità per il giorno successivo. Le previsioni di generazione fotovoltaica, i programmi di produzione, le condizioni dei processi e la disponibilità di stoccaggio determinano se e in che misura le opportunità associate ai prezzi identificate possano essere sfruttate.

Il Caso d'Uso valuta come i carichi flessibili possano essere spostati da periodi con prezzi più elevati a periodi con prezzi più bassi o maggiore disponibilità di generazione fotovoltaica in loco. Per Gsellmann, il sistema di accumulo a batteria introduce un'opzione aggiuntiva per spostare il consumo di elettricità nel tempo, una volta che è operativo e i dati operativi necessari sono disponibili. A Fleischhof Raabtal, la refrigerazione e il magazzino a freddo possono offrire una flessibilità simile a quella dello stoccaggio grazie alla loro inerzia termica, soggetta ai limiti di temperatura definiti.

TABELLA 25: PILOT #2 - UC-AT-01: CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Motivazione	Mercato all'ingrosso / ottimizzazione energetica interna
Mercato target	Mercato Day-Ahead
Evento	Prezzo / previsione / calendario
Livello di maturità	Esistente / simulato
Valore primario	Risparmi / apprendimento

Flusso di entrate / benefici	Riduzione dei costi / miglioramento dell'autoconsumo fotovoltaico / maggiore flessibilità di utilizzo dello storage

Attori di Case d'Uso - UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Fornisce informazioni su produzione, consumo elettrico, fotovoltaico, accumulo e processo e valuta se le modifiche operative proposte sono compatibili con i requisiti di produzione.

Fleischhof Raabtal: fornisce informazioni su elettricità, refrigerazione, temperatura, fotovoltaico e di processo, definisce la catena del freddo, i limiti di igiene e produzione e valuta la fattibilità operativa del pre-raffreddamento o di altri aggiustamenti al funzionamento della refrigerazione.

EVON: Fornisce i dati energetici e di processo industriali richiesti dai Siti Pilota e garantisce che siano disponibili informazioni rilevanti per l'analisi. Poiché i suoi sistemi sono installati nei siti industriali, EVON contribuisce anche con la conoscenza della logica esistente di controllo e gestione del carico.

LEONARDO / iFAAP: Analizza la flessibilità industriale disponibile e valuta strategie operative alternative tenendo conto dei segnali di prezzo Day-Ahead, generazione fotovoltaica, opzioni di accumulo e vincoli di processo. Sulla base di questa valutazione, vengono generate opzioni di ottimizzazione e raccomandazioni.

EEE e i partner dell'ecosistema pilota austriaco: coordinare il Caso d'Uso, interpretare e discutere i risultati dell'analisi, raccogliere feedback dai siti industriali e tradurre i risultati in raccomandazioni pratiche.

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-AT-01

Il Caso d'Uso è pensato per valutare come la flessibilità industriale disponibile potrebbe essere utilizzata in risposta ai prezzi dell'elettricità Day-Forward. Informazioni rilevanti su prezzo, energia e processo forniranno la base per confrontare le possibili strategie operative con l'operazione di riferimento.

Nella valutazione saranno considerati vincoli tecnici e operativi. I risultati dovrebbero identificare opzioni di ottimizzazione fattibili e supportare lo sviluppo di raccomandazioni per i siti industriali. Il feedback dei siti sarà utilizzato per affinare ulteriormente queste raccomandazioni.

TABELLA 26: PILOT #2 - UC-AT-01: FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Segnali di prezzo dell'elettricità in anticipo e variazioni di prezzo rilevanti
Dati di ingresso / variabili	Domanda storica di elettricità, generazione fotovoltaica, informazioni sullo stoccaggio, dati di processo e vincoli tecnici e operativi definiti
Logica decisionale	Valutazione di quali asset flessibili potrebbero rispondere ai segnali di prezzo Day-Ahead entro i loro vincoli operativi definiti

Azione attesa	Identificazione di potenziali spostamenti di carico e risorse flessibili adeguate
Esito atteso	Raccomandazioni su come le risorse flessibili identificate potrebbero ridurre i costi dell'elettricità e migliorare l'uso della generazione fotovoltaica in loco e la flessibilità disponibile

Sistemi, Dati e Vincoli - UC-AT-01

Sistemi coinvolti: interfacce dati EVON, componenti LEONARDO/iFAAP e fonti di dati di mercato Day-Ahead.

Informazioni utilizzate: dati storici e regolarmente aggiornati su carichi e processi, dati fotovoltaici e di stoccaggio, prezzi in anticipo e limiti di flessibilità definiti.

Vincoli tecnici e operativi: programmi di produzione e priorità di gestione del carico a Gsellmann; requisiti di temperatura, catena del freddo, igiene e lavorazione presso Fleischhof Raabtal.

Vincoli di mercato e normativi: Il beneficio economico dipende dagli accordi di fornitura di elettricità e dal loro legame con i prezzi Day-Forward.

Scenario Principale di Uso - UC-AT-01

Rilevazione: I prezzi Day-Ahead indicano periodi di prezzo relativamente favorevoli o sfavorevoli per il giorno successivo.

Valutazione: Carichi industriali, fotovoltaico, stoccaggio e dati di processo saranno utilizzati per valutare quali asset flessibili potrebbero rispondere ai segnali di prezzo entro i loro vincoli tecnici e operativi.

Decisione: Le opzioni operative potenziali vengono confrontate con l'operazione di riferimento riguardo ai costi di elettricità, all'autoconsumo fotovoltaico, all'utilizzo dello stoccaggio e alla fattibilità operativa.

Attivazione: Le opzioni fattibili vengono tradotte in raccomandazioni per i siti industriali.

Monitoraggio e risultato: Vengono quantificati i potenziali effetti sul consumo di elettricità, sui costi e sull'autoconsumo fotovoltaico. Il feedback dai siti industriali supporta il perfezionamento delle assunzioni e delle raccomandazioni.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Progettazione del Mercato della Flessibilità a Livello di Distribuzione

Descrizione del Caso d'Uso - UC-AT-02

UC-AT-02 esplorerà come la flessibilità industriale possa contribuire a ridurre la congestione all'interno di un futuro mercato di flessibilità a livello di distribuzione in Austria. Affronterà le sfide della rete di distribuzione derivanti dai picchi crescenti sia nella generazione di energia decentralizzata sia nella domanda di elettricità. Un migliore coordinamento tra i consumi industriali

flessibili e i periodi di alta produzione rinnovabile potrebbe aiutare a ridurre sia i picchi di importazione che di export di rete e sostenere un uso più efficiente della capacità disponibile della rete.

Poiché attualmente non esiste un mercato consolidato della flessibilità DSO in Austria, il Caso d'Uso prenderà in considerazione scenari rappresentativi futuri di mercato e della rete. Questi scenari saranno combinati con informazioni sulla flessibilità disponibile nei due siti industriali per valutare come i potenziali bisogni della rete possano essere tradotti in richieste di flessibilità e abbinati a risposte industriali adeguate.

Uno scopo importante del Caso d'Uso è sensibilizzare i siti industriali sulla crescente rilevanza della flessibilità legata alla rete. Sebbene il loro attuale focus economico sia principalmente sui prezzi dell'elettricità, il Caso d'Uso porterà nella discussione possibili futuri requisiti a livello DSO e meccanismi di mercato nelle prime fasi. Questo incoraggerà i siti industriali a considerare la flessibilità legata alla rete nelle loro future decisioni di gestione energetica e di investimento.

La valutazione si baserà su concetti di mercato rilevanti, parametri di scenario e risultati analitici sviluppati all'interno di LEONARDO. I feedback dell'ecosistema pilota supporteranno la valutazione della loro applicabilità al contesto austriaco. Il risultato atteso è un approccio proposto che descriva come la flessibilità industriale potrebbe potenzialmente essere richiesta e utilizzata in un futuro meccanismo di flessibilità a livello DSO, insieme a raccomandazioni per supportare la preparazione precoce dei siti industriali.

TABELLA 27: PILOT #2 - UC-AT-02: PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-AT-02 – Progettazione del Mercato della Flessibilità a Livello di Distribuzione
Breve descrizione	Esplorare lo sviluppo di un nuovo design di mercato per la flessibilità a livello di distribuzione nell'ecosistema austriaco con l'obiettivo di alleviare la congestione della rete di distribuzione.
Obiettivo / Scopo	Valutare come la flessibilità industriale potrebbe rispondere alle esigenze future rappresentative a livello DSO e contribuire alla riduzione della congestione della rete di distribuzione.
Livello di Sistema Indirizzato	Mercato dei processi industriali / DSO
Esito atteso	Un meccanismo di flessibilità a livello DSO proposto e valutato che descrive come le esigenze locali della rete possano essere tradotte in richieste di flessibilità, abbinate alla flessibilità industriale disponibile e comunicate ai siti industriali partecipanti.

Contesto industriale - UC-AT-02

Le risorse industriali considerate in UC-AT-02 sono gli stessi principali processi flessibili identificati per UC-AT-01. Tuttavia, il loro scopo potenziale cambia dal rispondere ai prezzi dell'elettricità al contribuire a una possibile futura richiesta di flessibilità della rete di distribuzione.

A Gsellmann, una riduzione temporanea del carico o lo spostamento della fresatura e dei carichi di produzione correlati potrebbe potenzialmente contribuire a una richiesta locale di flessibilità. Il sistema interno di gestione del carico esistente fornisce esperienza pratica rilevante perché già coordina le attrezzature affinché rimangano entro la capacità di connessione alla rete contrattata. Tuttavia, qualsiasi disposizione di flessibilità esterna dovrebbe rimanere subordinata agli obblighi di produzione e agli ordini dei clienti.

A Fleischhof Raabtal, la refrigerazione e la conservazione a freddo possono offrire un potenziale limitato di spostamento temporale tramite inerzia termica e pre-raffreddamento. Qualsiasi risposta a una possibile richiesta futura sul mercato del DSO dovrebbe rimanere entro le fasce di temperatura definite e non potrebbe mettere a rischio la catena del freddo. La durata e il volume della flessibilità disponibile dipenderebbero quindi dalle condizioni effettive di funzionamento e temperatura quando avviene una richiesta.

TABELLA 28: PILOT #2 - UC-AT-02 - CONTESTO INDUSTRIALE DEL CASO D'USO CHIAVE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Produzione di mangimi – Gsellmann Mischfuttererzeugung; lavorazione della carne con refrigerazione continua – Fleischhof Raabtal
Principali processi industriali rilevanti	Gsellmann: assunzione dei grani, essiccazione, macinazione, miscelazione, trasporto e gestione a silos. Fleischhof Raabtal: macellazione e lavorazione della carne, conservazione a freddo, refrigerazione continua, linee di ventilazione e lavorazione.
Principali processi flessibili a consumo energetico	Gsellmann: macinazione, rettifica e altri carichi produttivi variabili dove operativamente possibile. Fleischhof Raabtal: compressori di refrigerazione e pre-raffreddamento di sale di stoccaggio congelato, sale di raffreddamento e aree di lavoro a temperatura controllata.
Scala di flessibilità	Singolo asset / sito
Livello di controllo	Controllo a livello di asset e di sito, potenzialmente supportato da energia già esistente Sistemi di controllo a livello di sito e di asset, supportati da funzioni di gestione energetica e di carico.

Mercato e Contesto di Sistema - UC-AT-02

UC-AT-02 affronta la gestione della congestione e l'integrazione delle energie rinnovabili all'interno di un possibile futuro mercato di flessibilità a livello di distribuzione. Verranno utilizzati scenari rappresentativi per valutare le potenziali esigenze di flessibilità a livello di distribuzione e le possibili risposte industriali.

Il Caso d'Uso esplorerà come la flessibilità industriale potrebbe contribuire a un futuro meccanismo di flessibilità a livello di distribuzione e quali potenziali benefici potrebbero derivarne. Poiché attualmente non esiste un mercato di questo tipo in Austria, la valutazione sarà concettuale e basata su scenari.

TABELLA 29: PILOT #2 - UC-AT-02: CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Meccanismo	Gestione della congestione
Mercato target	Possibile mercato futuro della Flessibilità Locale / DSO
Evento di avviamento	Richiesta del gestore di rete
Livello di maturità	Futuro / simulato
Valore primario	Supporto alla rete / affidabilità / apprendimento
Flusso di entrate / benefici	Potenziali futuri pagamenti per il servizio di rete / alleviamento della congestione / miglioramento dell'integrazione RES

Attori di Case d'Uso - UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Fornisce informazioni su carichi di produzione flessibili, pratiche di gestione del carico e vincoli operativi.

Fleischhof Raabtal: Fornisce informazioni sulla flessibilità della refrigerazione, le condizioni di temperatura e i requisiti della catena del freddo.

EVON: Fornisce dati sull'energia industriale e sui processi e conoscenze sui sistemi di controllo a livello di sito esistenti.

EEE: Coordina il Caso d'Uso, facilita il feedback dall'ecosistema pilota e comunica raccomandazioni ai siti industriali.

LEONARDO: Contribuire con conoscenze di mercato rilevanti e supportare lo sviluppo e la valutazione di scenari futuri di flessibilità.

LEONARDO / iFAAP: Supporta la valutazione della flessibilità industriale all'interno degli scenari definiti.

Possibile futuro DSO o operatore di mercato: Rappresenta l'attore che identifica le esigenze della rete e richiede flessibilità all'interno di un futuro mercato DSO.

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-AT-02

Il Caso d'Uso utilizzerà scenari rappresentativi di flessibilità a livello di distribuzione per esplorare come i consumatori industriali potrebbero partecipare a un possibile futuro mercato DSO. La

flessibilità industriale disponibile sarà confrontata con le esigenze di flessibilità assunte, supportata da dati industriali e risultati analitici dove appropriato.

I risultati saranno discussi con i siti industriali e l'ecosistema pilota. Il loro feedback supporterà il perfezionamento degli scenari e lo sviluppo di raccomandazioni per il possibile futuro utilizzo della flessibilità industriale a livello DSO.

TABELLA 30: PILOT #2 - UC-AT-02: FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Definizione di una necessità di flessibilità a livello di rete di distribuzione
Dati di ingresso / variabili	Informazioni rilevanti sul mercato e sugli scenari, dati sul carico e sul processo industriale, informazioni fotovoltaiche e sullo stoccaggio e vincoli operativi
Logica decisionale	Confronto della flessibilità industriale disponibile con le esigenze rappresentative di flessibilità e valutazione della sua potenziale applicabilità
Azione attesa	Identificazione di potenziali risposte di flessibilità industriale e possibili approcci di comunicazione
Esito atteso	Una valutazione basata su scenari della flessibilità industriale disponibile per un uso futuro a livello DSO, insieme a raccomandazioni su come potrebbe essere richiesta e utilizzata per ridurre la domanda e i picchi di input e alleviare la congestione della rete di distribuzione

Sistemi, Dati e Vincoli

Sistemi coinvolti: sistemi di monitoraggio industriale, interfacce dati EVON, componenti LEONARDO/iFAAP e informazioni sugli scenari definiti dal progetto.

Informazioni utilizzate: dati di carico industriale e di processo, flessibilità disponibile, informazioni fotovoltaiche e di stoccaggio, vincoli operativi e esigenze rappresentative di flessibilità a livello DSO.

Vincoli tecnici e operativi: requisiti produttivi e continuità di processo a Gsellmann; requisiti di temperatura, igiene, sicurezza alimentare e catena del freddo a Fleischhof Raabtal.

Vincoli di mercato e normativi: Un mercato di flessibilità DSO non è ancora stato stabilito in Austria. La valutazione utilizzerà quindi scenari rappresentativi senza dati specifici per reti di rete o richieste effettive di DSO.

Scenario Principale di Utilizzo

Rilevazione: Viene identificata una difficoltà operativa livello di distribuzione della rete e tradotta in una necessità di flessibilità per un possibile mercato futuro di DSO.

Valutazione: La flessibilità disponibile nei siti industriali sarà confrontata con i requisiti dello scenario rappresentativo. Vengono presi in considerazione i dati di carico e processo industriali, informazioni fotovoltaiche e di stoccaggio e vincoli operativi.

Decisione: Le opzioni di risposta potenziali vengono valutate in base alla loro fattibilità tecnica e operativa. Vengono identificate risorse industriali adeguate e possibili azioni di flessibilità per lo scenario rispettivo.

Attivazione: La risposta selezionata è rappresentata come un'azione di flessibilità basata su scenari, mostrando come il consumo industriale potrebbe potenzialmente essere adeguato in risposta a una futura richiesta DSO.

Monitoraggio e risultati: Viene valutato il potenziale contributo della flessibilità industriale al bisogno assunto della rete. I risultati e i feedback dei siti industriali vengono utilizzati per affinare lo scenario e formulare raccomandazioni per un possibile futuro meccanismo di flessibilità a livello DSO.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Coordinamento della flessibilità multilivello

Descrizione del Caso d'Uso - UC-AT-03

UC-AT-03 valuta come la flessibilità industriale potrebbe essere coordinata tra un possibile futuro meccanismo di flessibilità a livello DSO e i servizi di flessibilità esistenti a livello TSO. Il Caso d'Uso si basa sulla flessibilità industriale identificata in UC-AT-01 e sul possibile futuro meccanismo a livello DSO esplorato in UC-AT-02.

Il Caso d'Uso non presuppone che le industrie parteciperanno direttamente ai mercati di flessibilità a livello TSO. La flessibilità disponibile nei singoli siti industriali potrebbe essere troppo piccola per una partecipazione diretta, e dovrebbero essere soddisfatti requisiti aggiuntivi di accesso al mercato, aggregazione, tecnici e prequalifica. Analogamente, il meccanismo a livello DSO considerato nell'UC-AT-02 attualmente non esiste in Austria.

Un obiettivo importante dell'UC-AT-03 è quindi esaminare in quali condizioni siti industriali come Gsellmann e Fleischhof Raabtal potrebbero potenzialmente partecipare ai servizi di flessibilità a livello TSO e come tale partecipazione potrebbe essere organizzata nella pratica. Il Caso d'Uso prenderà in considerazione i requisiti tecnici, operativi, di aggregazione e di accesso al mercato rilevanti e li confronterà con le caratteristiche della flessibilità industriale disponibile.

UC-AT-03 è principalmente una valutazione concettuale. Confronterà la flessibilità industriale disponibile con requisiti selezionati a livello DSO e TSO ed esaminerà come la partecipazione o il coordinamento potenziale possano essere strutturati. La valutazione si baserà su informazioni di mercato rilevanti, scambio di conoscenze e scenari rappresentativi. I dati industriali e gli strumenti analitici possono supportare la valutazione ma non costituiscono il percorso operativo completo del Caso d'Uso.

Il risultato atteso è una valutazione dell'adeguatezza della flessibilità industriale disponibile per i meccanismi a livello DSO e TSO, incluse opzioni adeguate di partecipazione e coordinamento e le condizioni che dovrebbero essere soddisfatte.

TABELLA 31: PILOT #2 - UC-AT-03: PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-AT-03 – Coordinamento della flessibilità multilivello
Breve descrizione	Co-ottimizzare la fornitura di flessibilità industriale sia nel meccanismo di flessibilità DSO progettato sia nei mercati della flessibilità TSO.
Obiettivo / Scopo	Valutare come la flessibilità industriale potrebbe potenzialmente essere coordinata tra un possibile futuro meccanismo di flessibilità a livello DSO e i meccanismi esistenti a livello TSO.
Livello di Sistema Indirizzato	Processo industriale / funzionamento della rete / mercato
Esito atteso	Valutazione dell'adeguatezza della flessibilità industriale disponibile per i meccanismi di flessibilità a livello DSO e TSO, incluse opzioni fattibili per l'allocazione coordinata tra entrambi i livelli.

Contesto industriale - UC-AT-03

UC-AT-03 considera le caratteristiche combinate della flessibilità disponibile nei due siti industriali. Le diverse risorse hanno caratteristiche operative differenti e possono quindi essere adatte a diversi tipi di servizi di flessibilità.

La flessibilità basata sul processo dipende dalle condizioni di produzione attuali e può generalmente essere fornita solo entro finestre di tempo limitate. La sua disponibilità è influenzata dai programmi di produzione, dalla continuità del processo, dalle condizioni di temperatura e da altri requisiti operativi. L'accumulo a batteria può offrire una risposta più controllabile, a seconda della sua capacità disponibile, dello stato di carica e delle condizioni operative.

La valutazione distinguerà le risorse disponibili in base a potenza, tempo di risposta, durata, disponibilità e controllabilità. I vincoli operativi dei processi industriali rimangono applicabili in tutti i casi e determinano quanta flessibilità potrebbe essere potenzialmente resa disponibile per l'uso a livello DSO o TSO.

TABELLA 32: PILOT #2 - UC-AT-03: CASO D'USO CHIAVE PER IL CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Produzione di mangimi – Gsellmann Mischfuttererzeugung; lavorazione della carne con refrigerazione continua – Fleischhof Raabtal
Principali processi industriali rilevanti	Gsellmann: assunzione dei grani, essiccazione, macinazione, miscelazione, trasporto e gestione a silos. Fleischhof Raabtal:

	macellazione e lavorazione della carne, conservazione a freddo, refrigerazione continua, linee di ventilazione e lavorazione.
Principali processi flessibili a consumo energetico	Gsellmann: macinazione, rettifica e altri carichi produttivi variabili dove operativamente possibile. Fleischhof Raabtal: compressori di refrigerazione e pre-raffreddamento di sale di stoccaggio congelato, sale di raffreddamento e aree di lavoro a temperatura controllata.
Scala di flessibilità	Singolo asset / sito
Livello di controllo	Sistemi di controllo a livello di asset e sito esistenti, supportati da funzioni di gestione energetica e di carico.

Contesto di mercato e sistema - UC-AT-03

UC-AT-03 considera un possibile futuro meccanismo di flessibilità a livello DSO insieme ai servizi di flessibilità esistenti a livello TSO. La partecipazione rilevante alla TSO e i requisiti tecnici saranno utilizzati per valutare in quali condizioni la flessibilità industriale disponibile potrebbe essere adatta a tali servizi.

Il Caso d'Uso considererà anche le possibili sovrapposizioni tra l'uso a livello DSO e TSO, poiché lo stesso spostamento di carico o capacità di storage non può essere impegnato contemporaneamente su entrambi i livelli. Le possibili opzioni di coordinamento saranno valutate in base all'idoneità tecnica, ai tempi e ai vincoli operativi. La valutazione rimane teorica e non presuppone una partecipazione reale al mercato da parte dei Siti Pilota.

TABELLA 33: PILOT #2 - UC-AT-03: CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Meccanismo	Servizi ausiliari / gestione della congestione
Mercato target	Bilanciamento / possibile futura Flessibilità Locale / DSO–TSO
Evento di avviamento	Richiesta del gestore di rete
Livello di maturità	Esistente / futuro / simulato
Valore primario	Supporto alla rete / ricavi / apprendimento
Flusso di entrate / benefici	Migliore utilizzo della flessibilità disponibile / potenziale remunerazione derivante dalla fornitura di flessibilità

Attori di Casi d'Uso - UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Fornisce informazioni sui processi produttivi flessibili, sullo stoccaggio e sui vincoli operativi rilevanti.

Fleischhof Raabtal: Fornisce informazioni sulla flessibilità della refrigerazione e sui requisiti pertinenti per la catena del freddo, l'igiene e la produzione.

EVON: Fornisce informazioni sull'energia industriale e sui processi e conoscenze sulle capacità esistenti di monitoraggio e controllo.

EEE: Coordina il Caso d'Uso, facilita lo scambio all'interno dell'ecosistema pilota austriaco e consolida le raccomandazioni risultanti.

LEONARDO e partner dell'ecosistema pilota: Contribuire con conoscenze sui meccanismi di flessibilità a livello DSO e TSO, sugli accordi di aggregazione e sulle condizioni di partecipazione rilevanti.

Potenziale aggregatore, ESCO o Fornitore di Servizi di Bilanciamento: Rappresenta un possibile intermediario per aggregare la flessibilità industriale e facilitare l'accesso ai servizi a livello TSO.

DSO e TSO: Rappresentano gli attori di sistema e i requisiti considerati nella valutazione teorica del coordinamento.

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-AT-03

Il Caso d'Uso esaminerà i meccanismi di flessibilità TSO rilevanti e le condizioni di partecipazione insieme al possibile futuro meccanismo a livello DSO considerato in UC-AT-02.

Le caratteristiche della flessibilità industriale disponibile saranno confrontate con le condizioni identificate. Le informazioni del Sito Pilota possono supportare la valutazione se la flessibilità potrebbe essere potenzialmente adatta all'uso a livello DSO, TSO o entrambi.

Quando i potenziali usi si sovrappongono, saranno considerati i possibili principi di allocazione e coordinamento, tenendo conto dell'idoneità tecnica, dei tempi e della disponibilità operativa. I risultati saranno discussi con i siti industriali e l'ecosistema pilota e tradotti in raccomandazioni riguardanti una possibile partecipazione e coordinamento.

TABELLA 34: PILOTA #2 - UC-AT-03: FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Identificazione di un meccanismo di flessibilità rilevante a livello TSO per valutare la potenziale partecipazione dei siti industriali.
Dati di ingresso / variabili	Caratteristiche e vincoli operativi della flessibilità industriale disponibile; condizioni di partecipazione a livello TSO rilevanti; tempistica e disponibilità.
Logica decisionale	La flessibilità industriale disponibile sarà confrontata con le condizioni rilevanti a livello TSO. Le opzioni di partecipazione potenziali e il loro coordinamento con un possibile utilizzo a livello DSO saranno quindi valutate.

Azione attesa	Identificazione e confronto delle possibili opzioni di partecipazione e coordinamento a livello TSO.
Esito atteso	Valutazione della potenziale idoneità della flessibilità industriale disponibile per i meccanismi a livello TSO, insieme a raccomandazioni per il possibile coordinamento con l'uso a livello DSO.

Sistemi, Dati e Vincoli - UC-AT-03

Sistemi coinvolti: sistemi di monitoraggio e controllo industriale, EVON come hub dati e fonti di informazione rilevanti sui meccanismi di flessibilità a livello TSO.

Informazioni utilizzate: carico industriale, dati fotovoltaici e di stoccaggio, flessibilità disponibile, vincoli operativi e condizioni di partecipazione a livello TSO rilevanti. Si considera un possibile coordinamento con l'uso a livello DSO dove rilevante.

Vincoli tecnici e operativi: La disponibilità di flessibilità dipende dallo stato operativo dei processi industriali e dai loro requisiti di produzione e della catena del freddo. La stessa flessibilità non può essere assegnata simultaneamente a meccanismi diversi.

Vincoli di mercato e normativi: La partecipazione ai meccanismi di flessibilità esistenti a livello TSO dipende dalle condizioni applicabili di accesso al mercato e aggregazione. Il coordinamento con un possibile uso futuro a livello DSO sarà quindi valutato concettualmente.

Scenario d'uso principale - UC-AT-03

Rilevazione: Viene identificato un'opportunità di flessibilità rilevante a livello TSO per valutare la potenziale partecipazione dei siti industriali.

Valutazione: La flessibilità industriale disponibile e i suoi vincoli operativi vengono confrontati con le condizioni di partecipazione a livello TSO rilevanti. Si considera un possibile coordinamento con l'uso a livello DSO dove rilevante.

Decisione: Vengono identificate opzioni di partecipazione adeguate e potenziali sovrapposizioni tra l'uso a livello TSO e DSO. Le possibili opzioni di coordinamento vengono valutate rispettando i vincoli operativi dei siti industriali.

Attivazione: Le opzioni identificate sono rappresentate attraverso uno scenario concettuale di partecipazione e coordinamento.

Monitoraggio e risultato: Vengono valutati i potenziali vantaggi e l'idoneità delle opzioni identificate. Il feedback dai siti industriali e dall'ecosistema pilota supporta la formulazione di raccomandazioni per una possibile partecipazione futura e il coordinamento della flessibilità a più livelli.

3.2.3 Sito Pilota #3: pilota bulgaro-greco

Panoramica del Caso d'Uso del pilota

Il Sito Pilota bulgaro-greco è un cluster industriale transnazionale che si estende per due aree di bilanciamento adiacenti e interconnesse: l'area di bilanciamento di Sofia, gestita dalla TSO ESO bulgara, e l'area di Salonicco, gestita dalla TSO IPTO greca. Le due aree sono collegate dall'interconnessione transfrontaliera di trasmissione Bulgaria–Grecia, che è l'elemento fisico che rende possibile la dimensione transfrontaliera del pilota. UPAT agisce come coordinatore pilota sia per la parte bulgara che per quella greca.

Dal lato bulgaro, il progetto pilota è strutturato come un cluster industriale guidato da STOMANA Industry e comprende inoltre SofiaMed ed ETEM Gestamp, riunendo processi ad alta intensità elettrica provenienti dai settori di lavorazione dell'acciaio, rame e alluminio. STOMANA Industry, un produttore siderurgico leader il cui stabilimento comprende quattro principali aree di produzione (officina di fusione, laminatoio, laminato e mulino a sfere), si colloca tra i cinque maggiori consumatori di elettricità in Bulgaria. STOMANA è collegata a tensione extra-alta e presenta impianti EMS Schneider Electric. Partecipa direttamente ai mercati energetici bulgari day-ahead e intraday gestiti da IBEX, agendo come propria Parte Responsabile del Bilanciamento (BRP), e all'interno del progetto pilota assume inoltre il ruolo di aggregatore di flessibilità per il cluster industriale bulgaro che guida. SofiaMed contribuisce con processi di fonderia, laminazione ed estrusione nelle sue operazioni di lavorazione del rame, supportate da monitoraggio energetico a livello di sito e di processo. ETEM Gestamp contribuisce con carichi di estrusione e processazione a valle e generazione fotovoltaica in loco, operando sull'infrastruttura EMS Schneider.

Sul lato greco, il progetto pilota coinvolge il Complesso Industriale di Salonicco HELLENiQ ENERGY, una raffineria hydro-skimming che esegue un processo di raffinazione continua che inizia con la distillazione del petrolio greggio e prosegue attraverso la lavorazione secondaria e il trattamento idrodesolforazione, insieme alla produzione petrolchimica associata. Il complesso è collegato alla rete di trasmissione IPTO, gestisce i sistemi EMS Powernet e Protasis Zenon e dispone di una vasta base di telemetria. Partecipa ai mercati energetici greci day-ahead e intraday gestiti da HEnEx tramite un aggregatore piuttosto che direttamente.

Il Grant Agreement (GA) definisce due Casi d'Uso per il Sito Pilota bulgaro-greco: un Caso d'Uso di clustering confinato al lato bulgaro (GA-UC#1) e un Caso d'Uso di clustering di flessibilità industriale transfrontaliero che copre entrambe le aree di bilanciamento (GA-UC#2). A differenza del pilota italiano, il consorzio bulgaro-greco ha mantenuto la struttura originale a due Casi d'Uso senza ristrutturazione, poiché i due Casi d'Uso corrispondono già a due perimetri di sistema distinti e complementari e il secondo si basa direttamente sul primo. Il lavoro di modellazione svolto nell'ambito di T2.3 ha tuttavia affinato la portata di mercato di entrambi i Casi d'Uso alla luce dei ruoli effettivamente detenuti dalle industrie partecipanti e delle evidenze rese disponibili tramite il sondaggio pilota. La mappatura con i Casi d'Uso originali della GA è la seguente:

- **UC-BGGR-01 – Flessibilità industriale bulgara aggregata** copre la dimensione di clustering bulgaro di GA-UC#1. La GA prevedeva la partecipazione al mercato bulgaro all'ingrosso di energia e riserve, con STOMANA ad agire sia come BRP che BSP. Il Caso d'Uso modellato mantiene la partecipazione al mercato bulgaro day-ahead ma limita la dimensione flessibilità

al mercato energetico di bilanciamento, con STOMANA che agisce come BRP. La partecipazione come BSP al mercato della capacità di riserva non è affrontata in questa fase, poiché richiederebbe una prequalifica del cluster aggregato attualmente non in atto. Si tratta di un restringimento deliberato verso ciò che può essere modellizzato e valutato credibilmente sulla base di evidenza disponibile, e non una riduzione dell'ambizione complessiva del pilota.

- **UC-BGGR-02 – Flessibilità industriale aggregata transfrontaliera BG/GR** copre GA-UC#2. La GA descrive uno scenario in cui la flessibilità del cluster bulgaro partecipa implicitamente, cioè senza una piattaforma centrale, al mercato di bilanciamento greco gestito da IPTO tramite l'aggregatore di flessibilità certificato PPC, sfruttando il margine rimanente sulle linee di interconnessione dato che la clearance del mercato delle riserve greche segue quella del mercato del giorno precedente. Il Caso d'Uso modellato preserva questo scenario ed estende a una valutazione comparativa: le offerte sono ottimizzate per i mercati energetici del giorno prima e bilancianti su entrambi i lati del confine, così che il potenziale cross-market e il valore del margine di interconnessione disponibile siano quantificati piuttosto che assunti.

In entrambi i Casi d'Uso, la piattaforma iFAAP funge da spina dorsale tecnologica comune, situata sopra lo strato EMS industriale nei due Siti Pilota. Entrambi i Casi d'Uso si basano sulla stessa metodologia di caratterizzazione della flessibilità, in cui ogni processo industriale è mappato su un archetipo, una classe e un sottotipo di flessibilità, e l'inviluppo operativo risultante viene utilizzato come set di vincoli per l'ottimizzazione. Entrambi dipendono anche dai meccanismi proattivi di previsione della domanda e della flessibilità sviluppati in T4.1 e dalla previsione dei prezzi e dell'utilizzo della flessibilità del mercato energetico sviluppata in T4.2, entrambi guidati da UPAT. Il livello di maturità di entrambi i Casi d'Uso è classificato come Futuro: né l'aggregato bulgaro né quello transfrontaliero operano attualmente come entità aggregata di offerte, e il pilota li valuterà quindi tramite modellazione e simulazione basate su dati misurati dell'impianto.

TABELLA 35: PILOT #3 – PANORAMICA DEI CASI D'USO

UC ID	Titolo del Caso d'Uso	Focus principale
UC-BGGR-01	Flessibilità industriale aggregata bulgara al confine	Aggregare la flessibilità del cluster STOMANA all'interno dell'area di bilanciamento di Sofia e ideare un approccio strategico di gara per i mercati energetici bulgari di day-ahead e bilanciamento tramite iFAAP, con STOMANA che agisca come aggregatore di cluster e BRP
UC-BGGR-02	Flessibilità industriale aggregata transfrontaliera BG/GR	Valutare la fattibilità e il valore dell'aggregazione del cluster STOMANA con HELLENiQ ENERGY nelle aree di bilanciamento ESO e IPTO, sfruttando il margine di interconnessione BG–GR disponibile e quantificando il potenziale di arbitraggio cross-market

3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Flessibilità industriale aggregata bulgara al confine

Descrizione del Caso d'Uso - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 è il Caso d'Uso fondamentale del pilota bulgaro-greco. Il suo obiettivo è aggregare la flessibilità industriale disponibile all'interno del cluster bulgaro guidato da STOMANA Industry e ottimizzarne l'uso tramite la piattaforma iFAAP, al fine di ideare un approccio strategico di gara d'appalto per i mercati bulgari dell'energia all'ingrosso e dell'energia bilanciata. Il Caso d'Uso opera interamente nell'area di bilanciamento di Sofia e quindi coinvolge un unico TSO, un unico ambiente di mercato e un unico insieme di regole nazionali, il che lo rende il Caso d'Uso più semplice e la base naturale su cui si costruisce il Caso d'Uso transfrontaliero UC-BGGR-02. La questione tecnica centrale affrontata è quanto la durata e il tempismo dei processi produttivi ad alta intensità possano essere spostati o ridotti, trovando un equilibrio tra velocità e imperativo per la qualità del prodotto e la sicurezza dell'impianto. Il risultato atteso è una valutazione basata su evidenze su quali processi siano realmente flessibili e in che misura, insieme a un approccio validato di aggregazione e gara che rispetti tali vincoli.

TABELLA 36: PILOT #3 - UC-BGGR-01: PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-BGGR-01 — Flessibilità industriale aggregata bulgara al confine
Breve descrizione	Aggregare i carichi industriali e le attività del cluster STOMANA per la partecipazione ai mercati bulgari all'ingrosso dell'energia e del bilanciamento.
Obiettivo / Scopo	Ottimizzare la flessibilità industriale aggregata bulgara tramite iFAAP e sviluppare un approccio strategico di gara per i mercati bulgari all'ingrosso e di bilanciamento (in quest'ultimo sarà presa in considerazione solo la partecipazione al mercato energetico di bilanciamento come BRP).
Livello di Sistema Indirizzato	Processi industriali / sito EMS / piattaforma di aggregazione / sistema di trasmissione bulgaro / mercati all'ingrosso e di riserva.
Esito atteso	Valutazione basata su evidenze di processi flessibili e un approccio di aggregazione/gara validata che rispetti i vincoli di qualità della produzione e sicurezza.

Contesto industriale - UC-BGGR-01

Il Caso d'Uso è implementato in tre ambienti industriali ad alta intensità elettrica. Il potenziale di flessibilità del cluster è dominato dall'officina di fusione STOMANA, dove il metallo di scarto viene trasformato in acciaio fuso tramite due forni ad arco elettrico (riportati come EAF 1 a 120 MVA e EAF 3 a 75 MVA), due forni siviera (LF 1 e LF 2, 18 MVA ciascuno), le macchine per colata continua (circa 5 MVA) e un degasatore a vuoto (circa 1 MW). I laminatoi e il mulino a sfere completano la catena di processo STOMANA. Questi processi sono considerati flessibili perché sono di tipo "a lotto": ogni

lotto assorbe una grande potenza essenzialmente fissa per un periodo limitato e può in linea di principio essere avviato prima o successivamente nel piano di produzione senza alterare l'energia totale richiesta. SofiaMed contribuisce con tre gruppi di lavorazione del rame ad alta intensità elettrica: fonderia (7 MW picco, ~34 GWh/anno), rotazione (~9 MW, ~42 GWh/anno) ed estrusione (~2 MW, ~10 GWh/anno). Tutti e tre sono identificati come processi riprogrammabili e quindi la loro flessibilità risiede nella possibilità di adattare i tempi di operazione, tutto soddisfacendo le esigenze produttive. ETEM Gestamp contribuisce con estrusione di alluminio (~3,39 MW, 15,57 GWh/anno), lavorazione secondaria (1 MW, 4,5 GWh/anno) e un ulteriore gruppo di processi industriali (0,8 MW, 0,6 GWh/anno), tutti classificati come processi a potenza fissa e riprogrammabili e monitorati a risoluzione di 15 minuti. La loro flessibilità è prevista principalmente per lo spostamento o l'interruzione del funzionamento entro i limiti consentiti imposti dal programma produttivo, piuttosto che per variare la potenza operativa. Nel complesso, si forma un portafoglio eterogeneo di risorse di flessibilità industriale, che comprende grandi carichi di produzione di acciaio a lotti fino a processi di lavorazione e estrusione dei metalli su scala inferiore. Come riportato nella Sezione 2.2.3, l'indagine identifica quattro asset flessibili o gruppi di processo presso STOMANA, tutti classificati sotto l'archetipo di processo Reschedulable (Classe A) con il sottotipo Processo di potenza fissa e interruptibile:

- **Fusione dei rottami (forni ad arco elettrico):** 195 MVA installati, 205,08 GWh/anno, 107 MW carico di picco non coincidente, picco durante il giorno.
- **Metallurgia secondaria (forni a mestolo):** 36 MVA installati, 26,53 GWh/a, 34,8 MW di carico di picco, con picco durante il giorno.
- **Sosta per officina di fusione (colata):** 13 MVA installati, di cui circa 5 MVA corrispondono al processo di colata, 22,59 GWh/anno, 11,3 MW di carico di picco, con picco durante il giorno. Del carico totale del resto per officina di fusione, solo il processo di colata è considerato in grado di fornire flessibilità.
- **Unità di filtraggio:** 17 MVA installati, 18,4 GWh/anno, 14,4 MW carico di picco, con picco notturno.

Le potenze motorie delle singole unità di fusione sono confermate, ma la capacità flessibile, il tempismo in cui può essere offerta e la loro disponibilità dipendono dalla validazione dei limiti di processo e vengono stabilite all'interno del progetto pilota. Il vincolo dominante in tutti gli asset è l'insieme di limiti di processo intrinseci alla produzione siderurgica, in combinazione con il programma di produzione e con i requisiti di qualità, sicurezza e manutenzione. La flessibilità è controllata a livello dell'EMS industriale, con il coordinamento svolto a livello di cluster; gli accordi dettagliati di automazione e autorizzazione di controllo richiedono ancora la validazione dei partner.

A SofiaMed, l'indagine identifica tre principali gruppi di processo ad alta intensità elettrica come carichi riprogrammabili:

- **Fonderia:** 33,88 GWh/anno, carico massimo di 7,01 MW, durante il giorno.
- **Mobilizzazione:** 41,83 GWh/anno, carico massimo di 8,77 MW, durante il giorno.
- **Estrusione:** 9,74 GWh/a, carico massimo di 1,76 MW, durante il giorno.

Il contributo di SofiaMed è quindi concentrato in tre fasi successive di lavorazione del rame con diverse scale elettriche, con la laminazione che rappresenta la quota maggiore della domanda

elettrica riportata, seguita dalla fonderia e dall'estrusione. La loro classificazione come processi riprogrammabili indica che si prevede che la flessibilità derivi principalmente dalla tempistica e dal sequenziamento delle attività produttive.

Presso ETEM Gestamp, il sondaggio identifica tre gruppi di processo sotto l'archetipo di processo Rischedulabile (Classe A), con il sottotipo Processo a potenza fissa e interrompibile:

- **Estrusione dell'alluminio:** 15,57 GWh/a, carico di picco osservato 3,39 MW.
- **Elaborazione secondaria:** 4,47 GWh/a, carico di picco osservato 1,01 MW.
- **Gruppo di processo industriale aggiuntivo:** 0,56 GWh/a, carico di picco osservato 0,82 MW.

Il profilo di flessibilità qui si concentra sull'estrusione dell'alluminio e sui carichi di lavorazione a valle, la cui domanda varia notevolmente con il programma di produzione. Le misurazioni fornite mostrano periodi di carico di processo ridotto, indicando che la disponibilità degli asset è strettamente legata allo stato operativo delle linee di produzione. A differenza di SofiaMed, ETEM gestisce anche 4 MW di generazione fotovoltaica in loco, introducendo una dimensione aggiuntiva di coordinamento tra la domanda di produzione e la generazione rinnovabile locale.

TABELLA 37: PILOT #3 - UC-BGGR-01 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Produzione di acciaio (acciaio ad arco elettrico), lavorazione del rame e dell'alluminio.
Principali processi industriali rilevanti	Officina di fusione STOMANA (unità segnalate: EAF 1 120 MVA, EAF 3 75 MVA, LF 1 18 MVA, LF 2 18 MVA, ruote 5 MW e VD ~1 MW), laminatoi e mulino a sfere. Fonderia SofiaMed ~7MW, processi laminati ~9MW ed estrusione ~2MW. Estrusione dell'alluminio ETEM ~3MW e altri processi ~2MW.
Principali processi flessibili a consumo energetico	Le fonti di flessibilità candidate includono le unità STOMANA EAF/LF, colata, VD e filtraggio; la fonderia, i processi di laminazione ed estrusione di SofiaMed; e i carichi di estrusione e lavorazione secondaria dell'alluminio Gestamp ETEM. Le rispettive indagini identificano questi processi come riprogrammabili/interrompibili, mentre la capacità effettivamente flessibile, i tempi e la durata rimangono soggetti a validazione a livello di processo.
Scala di flessibilità	Cluster industriale multi-sito (aggregato dietro STOMANA nell'area di bilanciamento di Sofia).
Livello di controllo	EMS industriale con aggregazione coordinata; un'autorità dettagliata di automazione/controllo richiede la validazione del partner.

Contesto di mercato e sistema - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 affronta due categorie di meccanismi all'interno dell'ambiente di mercato bulgaro: energia all'ingrosso attraverso il mercato day-ahead gestito da IBEX, e energia di bilanciamento

attraverso il mercato gestito da ESO, con STOMANA che agisce come Parte Responsabile di Bilanciamento. La capacità energetica di STOMANA giustifica questo ruolo e il sito partecipa già direttamente ai mercati bulgari day-ahead e intraday, il che significa che il Caso d'Uso si basa su una posizione di mercato esistente invece di crearne una nuova; ciò che è nuovo è l'aggregazione della flessibilità del cluster dietro quella posizione e l'ottimizzazione sistematica delle offerte risultanti. La partecipazione come BSP al mercato della capacità di riserva non è affrontata in questa fase. Il Caso d'Uso è innescato da segnali di mercato e previsioni di prezzo piuttosto che da un vincolo di rete, e la sua proposta di valore è quindi economica: ridurre l'energia combinata e bilanciare il costo dell'elettricità del cluster aggregato mantenendo la qualità e la sicurezza della produzione, con un valore aggiuntivo riguardo alla realistica flessibilità dell'industria della lavorazione dei metalli pesanti. Il livello di maturità è classificato come Future, poiché il cluster non ha ancora operato come entità aggregata di offerte.

TABELLA 38: PILOT #3 - UC-BGGR-01 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Meccanismo	Energia all'ingrosso (mercato day-forward) / Mercato energetico di bilanciamento (come BRP).
Mercato target	Mercato bulgaro diurno operato da IBEX / mercato energetico bulgaro di bilanciamento gestito da ESO.
Evento di avviamento	Segnale di mercato / previsione / richiesta aggregatori.
Livello di maturità	Future (il cluster non opera ancora come entità aggregata di offerte; il Caso d'Uso viene valutato tramite modellazione e simulazione sui dati del ricevuto-planta).
Valore primario	Ricavi / ottimizzazione dei costi / partecipazione al mercato / apprendimento.
Flusso di entrate / benefici	Riduzione del costo totale (energia e bilanciamento) dell'elettricità del cluster industriale, ottenuta spostando la domanda in periodi di prezzo più basso e migliorando la posizione di bilanciamento del cluster.

Attori di Casi d'Uso - UC-BGGR-01

STOMANA: Sito industriale e aggregatore di cluster bulgaro. Fornisce i processi di fonderia e laminatoio che costituiscono la flessibilità disponibile, agisce come entità aggregatrice per il cluster bulgaro e detiene il ruolo BRP attraverso cui la posizione aggregata si esprime sui mercati bulgari.

ESO: TSO bulgaro e operatore dell'area di bilanciamento di Sofia. Definisce il quadro di bilanciamento del mercato e le regole applicabili ai BRP entro cui opera il cluster aggregato.

iFAAP e fornitori di tecnologia: prevedere, aggregare e ottimizzare la flessibilità del cluster. All'interno della piattaforma, la responsabilità è divisa tra i componenti di previsione della domanda e dei prezzi, sviluppati da UPAT sotto T4.1 e T4.2, che producono le previsioni di domanda e prezzi

di mercato del giorno successivo, e il componente di pooling della flessibilità della domanda, sviluppato da CARTIF, che caratterizza la flessibilità disponibile tramite archetipi e deriva le offerte energetiche ottimali per il giorno e il bilanciamento.

EMS industriale: fornisce l'integrazione dei dati e dei controlli a livello industriale, esponendo lo stato dei consumi misurati e del processo all'iFAAP e trasmettendo i programmi risultanti all'impianto.

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 è avviata dalla disponibilità di previsioni di anticipo bulgaro e dal bilanciamento dei prezzi dell'energia per il giorno di consegna successivo, prodotte dalle componenti di domanda e previsione dei prezzi dell'iFAAP sviluppate da UPAT. Queste previsioni sono combinate con le previsioni della domanda di impianti e processi e con una caratterizzazione della flessibilità disponibile espressa attraverso il quadro archetipico, insieme ai vincoli operativi comunicati dal cluster per il giorno successivo, che includono manutenzione pianificata e chiusure. Su questa base la componente di pool di flessibilità della domanda di iFAAP, sviluppata da CARTIF insieme all'aggregatore del cluster, determina la strategia ottimale di gara: prima elabora le offerte giornaliere per il cluster bulgaro aggregato e poi deriva le offerte energetiche di bilanciamento, tenendo conto della posizione già assunta nel mercato day-ahead. L'azione attesa è quindi la formulazione e la presentazione di un insieme coerente di offerte aggregate nei due tempi di mercato, e il risultato atteso è che queste offerte vengano offerte e, se accettate, consegnate senza compromettere la qualità e la sicurezza della produzione.

TABELLA 39: PILOT #3 - FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO UC-BGGR-01

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Previsioni del mercato bulgaro con anticipo e bilanciamento dei prezzi dell'energia.
Dati di ingresso / variabili	Previsioni della domanda di impianti e processi; caratterizzazione della flessibilità tramite archetipi; previsioni dei prezzi di mercato; vincoli operativi giornalieri degli archetipi rilevanti (inclusi manutenzioni e chiusure programmate).
Logica decisionale	iFAAP / aggregatore di cluster, con previsione di domanda e prezzi fornita da UPAT e pooling di flessibilità della domanda da parte di CARTIF. La piattaforma ottimizza la flessibilità aggregata rispetto ai prezzi previsti e ai vincoli operativi degli archetipi, e l'aggregatore di cluster conferma la strategia di offerta risultante nella sua capacità BRP.
Azione attesa	Ideare offerte di mercato a anticipo e bilanciare le offerte energetiche per il cluster bulgaro aggregato.
Esito atteso	Offerte aggregate offerte mantenendo la qualità e la sicurezza della produzione.

Sistemi, Dati e Vincoli - UC-BGGR-01

Sistemi coinvolti: installazioni EMS Schneider Electric presso STOMANA e ETEM Gestamp e EMS riportato da SofiaMed; sistemi di monitoraggio e controllo industriale; la piattaforma di aggregazione e ottimizzazione iFAAP; e le interfacce verso le piattaforme del mercato bulgaro (IBEX per il giorno in avanti, ESO per il bilanciamento energetico).

Informazioni utilizzate: previsioni della domanda di impianti e processi; caratterizzazione della flessibilità tramite archetipi; previsioni dei prezzi di mercato per i mercati energetici bulgari a giorno e bilanciamento; consumo misurato a granularità di 15 minuti insieme alla corrispondente serie storica.

Vincoli tecnici e operativi: vincoli operativi degli archetipi rilevanti, in particolare il carattere a potenza fissa e interrompibile dei processi di fusione; limiti di processo; programma di produzione; qualità del prodotto, sicurezza dell'impianto e vincoli di manutenzione. Del carico di riposo in officina di fusione, solo il processo di colata è considerato flessibile. I dati vengono attualmente recuperati tramite esportazione manuale, il che limita il grado di automazione raggiungibile fino a quando non viene stabilita un'interfaccia automatizzata.

Vincoli di mercato e normativi: regole di mercato bulgare applicabili ai BRP. La partecipazione al mercato della capacità di riserva come BSP è al di fuori dell'ambito del Caso d'Uso modellato.

Scenario Principale di Uso - UC-BGGR-01

Rilevazione: Per il giorno di consegna successivo, i vincoli operativi degli archetipi rilevanti, inclusi la manutenzione pianificata e i shut-down, diventano disponibili (step 1); le previsioni di domanda e di energia e bilanciamento dei prezzi per il mercato bulgaro sono quindi prodotte dalle componenti di domanda e price forecasting dell'iFAAP, sviluppate da UPAT (step 2).

Valutazione: La componente di pool di flessibilità della domanda dell'iFAAP, sviluppata da CARTIF, caratterizza la flessibilità che ogni processo partecipante può rendere disponibile all'interno del proprio archetipo di ambito operativo, tenendo conto del programma di produzione e dei vincoli di qualità, sicurezza e manutenzione riportati dal sito, aggregandolo in un profilo di flessibilità a livello di cluster.

Decisione: Lo stesso componente elabora le offerte ottimali per il mercato bulgaro day-ahead (step 3) e successivamente le offerte ottimali per il mercato energetico bilanciante bulgaro, tenendo conto della posizione già assunta nel mercato day-ahead (step 4). STOMANA, in qualità di aggregatore cluster e BRP, conferma la strategia risultante.

Attivazione: Le offerte confermate vengono presentate ai mercati bulgari da STOMANA in qualità di BRP, e i programmi risultanti vengono comunicati all'EMS industriale, che regola di conseguenza i tempi e la durata dei processi interessati.

Monitoraggio e risultato: Il consumo consegnato viene misurato a una granularità di 15 minuti e confrontato con la posizione programmata. I KPI definiti per il cluster industriale, presentati nella Sezione 4.2.3, vengono poi valutati dai partner del consorzio sotto la guida di UPAT (step 5).

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Flessibilità industriale aggregata transfrontaliera BG/GR

Descrizione del Caso d'Uso - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 estende la logica di aggregazione stabilita in UC-BGGR-01 oltre un'unica area di bilanciamento. Valuta la fattibilità di aggregare il cluster STOMANA insieme al Complesso Industriale di Salonicco HELLENiQ ENERGY, cioè di industrie situate in due diverse ma interconnesse aree di bilanciamento locale, una sotto la giurisdizione della TSO IPTO greca e l'altra sotto la giurisdizione della TSO ESO bulgara, collegate da una linea di trasmissione transfrontaliera. Il Caso d'Uso valuta quale aggregazione di flessibilità transfrontaliera sia effettivamente fattibile nelle aree ESO e IPTO sfruttando il margine di interconnessione disponibile, e confronta le condizioni di mercato sui due lati del confine per quantificare il potenziale di arbitraggio cross-mercato. Come previsto nel GA, la partecipazione alla flessibilità del cluster bulgaro nel mercato greco del bilanciamento è implicita, realizzata senza una piattaforma centrale e tramite un aggregatore di flessibilità certificato, e tiene conto che la risoluzione del mercato delle riserve greche segue quella del mercato del giorno in anticipo, così che il margine rimanente sulle linee di interconnessione possa essere sfruttato a fini di bilanciamento. Il risultato atteso è una valutazione quantificata del potenziale di arbitraggio transfrontaliero ottenuto valutando e confrontando le condizioni di mercato in entrambi i paesi, prodotta senza violare i vincoli produttivi delle industrie partecipanti o i vincoli di rete di entrambi i sistemi.

TABELLA 40: PILOT #3 - UC-BGGR-02: PARAMETRI GENERALI CHIAVE DEL CASO D'USO

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
ID e titolo del Caso d'Uso	UC-BGGR-02 — Flessibilità industriale aggregata transfrontaliera BG/GR
Breve descrizione	Valutare l'aggregazione transfrontaliera del cluster STOMANA e di HELLENiQ ENERGY per una partecipazione flessibile ai mercati energetici all'ingrosso e di bilanciamento energetico di entrambi i paesi.
Obiettivo / Scopo	Valutare l'aggregazione di flessibilità cross-border tra le aree ESO e IPTO sfruttando il margine di interconnessione disponibile.
Livello di Sistema Indirizzato	EMS / aggregatore / iFAAP / TSO bulgaro e greco / mercato di bilanciamento.
Esito atteso	Esplora il potenziale dell'arbitraggio cross-market valutando e confrontando le condizioni di mercato in entrambi i paesi.

Contesto industriale - UC-BGGR-02

Il cluster transfrontaliero unisce due profili industriali molto diversi. Il lato bulgaro comprende lo stesso cluster di tre industrie dell'UC-BGGR-01: STOMANA, SofiaMed ed ETEM Gestamp. Dal lato greco, il complesso industriale HELLENiQ ENERGY di Salonicco gestisce un processo continuo di raffinazione, lavorazione secondaria e idrodesolforazione, insieme alla produzione petrolchimica associata.

La differenza di carattere di processo tra le due parti è la caratteristica distintiva di questo Caso d'Uso. I carichi siderurgici bulgari sono di tipo batch, interruttivi e a potenza fissa, e quindi riprogrammabili in tempo. I processi di raffinazione greci sono continui e, come riportato nell'indagine pilota, la regolazione del processo è rara e limitata dalla produzione. L'unico asset flessibile segnalato per il sito greco è il motore estrusore della linea di produzione in polipropilene, con una capacità installata di 5,4 MW, un consumo annuo di circa 70,5 GWh e un carico di picco di 4,67 MW. È classificato nell'archetipo del processo "Reschedulable" con il sottotipo Processo di potenza regolabile e non interrompibile, cioè un processo il cui livello di potenza può essere modulato ma che non può essere interrotto. Fino a un massimo di 1 MW del suo consumo può essere regolato, e i principali vincoli sono i requisiti di processo e le esigenze commerciali dell'impianto. Non esiste un periodo di consumo di picco specifico, poiché la variazione del consumo energetico dipende dalla qualità del polipropilene prodotto. I dati attuali e storici sono disponibili con granularità oraria tramite esportazione manuale, una risoluzione più grossolana rispetto ai dati di 15 minuti disponibili sul lato bulgaro. Il controllo viene esercitato tramite Powernet e Zenon EMS presso HELLENiQ e tramite le installazioni Schneider Electric EMS a STOMANA.

TABELLA 41: PILOT #3 - UC-BGGR-02 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO INDUSTRIALE

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Settore industriale	Produzione dell'acciaio, lavorazione del rame e lavorazione dell'alluminio (BG); raffinazione del petrolio e petrolchimica (GR).).
Principali processi industriali rilevanti	Unità di fusione e mulini STOMANA, oltre alla raffinazione continua HELLENiQ, alla lavorazione secondaria e al trattamento idroelettrico, alla fonderia SofiaMed, laminazione ed estrusione, all'estrusione dell'alluminio ETEM Gestamp, alla lavorazione secondaria.
Principali processi flessibili a consumo energetico	I processi candidati bulgari includono le unità STOMANA EAF/LF, di fusione e VD, le cui potenze motori sono confermate mentre capacità e disponibilità flessibili rimangono dipendenti dal limite di processo. HELLENiQ riporta che la modulazione del processo è rara e limitato dalla produzione di polipropilene; l'asset flessibile riportato è il motore estrusore in polipropilene, di cui si può regolare fino a 1 MW di consumo.
Scala di flessibilità	Cluster industriale multi-sito transfrontaliero.
Livello di controllo	Powernet e Zenon EMS presso HELLENiQ; Schneider Electric EMS installazioni a STOMANA.

Contesto di mercato e sistema - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 affronta contemporaneamente l'energia all'ingrosso e l'energia di bilanciamento in due contesti di mercato nazionali. Dal lato bulgaro, i mercati rilevanti sono il mercato giornaliero operato da IBEX, a cui STOMANA partecipa direttamente, e il mercato energetico di bilanciamento gestito da ESO, in cui STOMANA funge da BRP. Dal lato greco, i mercati rilevanti sono il mercato day-ahead gestito da HEnEx, a cui partecipa HELLENiQ tramite un aggregatore, e il mercato energetico di

bilanciamento gestito da IPTO. In linea con la GA, l'accesso alla flessibilità del cluster bulgaro al mercato di bilanciamento greco è concepito come una partecipazione implicita tramite l'aggregatore di flessibilità certificato PPC, che ottimizzerebbe le offerte di bilanciamento a nome dell'intero cluster transfrontaliero; STOMANA non partecipa direttamente al mercato greco. Il Caso d'Uso è innescato dai segnali di mercato e dalle previsioni di prezzo su entrambi i lati del confine, e la sequenza del mercato greco, dove il mercato delle riserve si risolve dopo il mercato del giorno precedente, è ciò che crea l'opportunità di sfruttare il margine di interconnessione residuo a fini di bilanciamento. La proposta di valore combina l'ottimizzazione dei costi per i siti industriali partecipanti con il valore di arbitraggio derivante dalle divergenze di condizioni di mercato tra i due paesi, e con il valore di apprendimento di stabilire quale aggregazione di flessibilità industriale transfrontaliera sia effettivamente fattibile secondo gli attuali accordi normativi. Il livello di maturità è classificato come Future.

TABELLA 42: PILOT #3 - UC-BGGR-02 CASO D'USO CHIAVE CONTESTO DI MERCATO E SISTEMA

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Obiettivo / Meccanismo	Energia all'ingrosso (mercato day-over) / Mercato energetico di bilanciamento (come BRP) / Aggregazione transfrontaliera.
Mercato target	mercato bulgaro day-ahead (IBEX) e mercato energetico di bilanciamento (ESO); mercato greco day-ahead (HEnEx) e mercato energetico di bilanciamento (IPTO), quest'ultimo accessibile implicitamente tramite l'aggregatore di flessibilità certificato PPC.
Evento di avviamento	Segnale di mercato / previsione / richiesta aggregatori.
Livello di maturità	Future (nessuna entità aggregata transfrontaliera partecipa attualmente a nessuno dei due mercati; il Caso d'Uso viene valutato come scenario).
Valore primario	Ricavi / ottimizzazione dei costi / partecipazione al mercato / apprendimento.
Flusso di entrate / benefici	Riduzione del costo totale (energia e bilanciamento) dell'elettricità nell'intero cluster transfrontaliero, più il valore di arbitraggio tra mercati catturati tramite l'interconnessione BG–GR e riflesso nel volume di energia scambiata oltre confine.

Attori di Case d'Uso - UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: Consumatore industriale greco che offre domanda e potenziale flessibilità. Espone la quota variabile del suo carico di estrusione di polipropilene e i relativi vincoli di processo e commerciali.

Cluster STOMANA: partecipante bulgaro al cluster industriale e all'aggregazione di flessibilità. Contribuisce con la flessibilità aggregata stabilita in UC-BGGR-01 alla valutazione transfrontaliera.

IPTO: TSO greco e operatore dell'area di bilanciamento di Salonicco. Definisce il quadro del mercato di bilanciamento greco e, insieme all'ESO, determina la capacità di interconnessione disponibile per il giorno successivo.

ESO: TSO bulgaro e operatore dell'area di bilanciamento di Sofia. Definisce il quadro del mercato di bilanciamento bulgaro e, insieme all'IPTO, determina il margine di interconnessione disponibile.

iFAAP e fornitori di tecnologia: prevedere, aggregare e ottimizzare la flessibilità del cluster transfrontaliero, valutando la disponibilità combinata, le condizioni di mercato su entrambi i lati del confine e i vincoli industriali. Come nell'UC-BGGR-01, i componenti di previsione della domanda e dei prezzi sono sviluppati da UPAT sotto T4.1 e T4.2, mentre la componente di pool di flessibilità della domanda da CARTIF.

PPC (aggregatore di flessibilità certificato): Previsto nell'AGA come aggregatore certificato attraverso cui la flessibilità del cluster bulgaro parteciperebbe implicitamente al mercato greco di bilanciamento gestito da IPTO, ottimizzando le offerte di bilanciamento per conto dell'intero cluster transfrontaliero.

Funzionamento dei Casi d'Uso - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 è avviato dalla disponibilità di previsioni del giorno di anticipo bulgaro e greco e dal bilanciamento dei prezzi dell'energia per il giorno di consegna successivo, prodotte dalle componenti di previsione della domanda e dei prezzi dell'iFAAP sviluppate da UPAT. La componente di aggregazione della flessibilità della domanda dell'iFAAP sviluppata da CARTIF, agendo come o per conto dell'aggregatore, valuta poi la disponibilità combinata di flessibilità tra i due lati del confine insieme alle condizioni di mercato in entrambi i paesi e ai vincoli industriali riportati da tutti i siti partecipanti, che includono manutenzione pianificata e interruzioni. Un contributo distintivo rispetto all'UC-BGGR-01 è il margine di capacità di interconnessione reso disponibile dai due TSO per il giorno successivo, che determina quanto della flessibilità bulgara possa essere valutata in modo credibile dalla parte greca. Su questa base la piattaforma elabora offerte energetiche a giorno e bilanciamento sia per il mercato greco che per quello bulgaro, e il risultato atteso è che lo scenario di flessibilità transfrontaliera venga valutato e quantificato senza violare i vincoli produttivi nei siti industriali o i vincoli di rete in nessuno dei due sistemi.

TABELLA 43: PILOT #3 - FUNZIONAMENTO DEL CASO D'USO UC-BGGR-02

Parametro	Informazioni specifiche per Caso d'Uso
Evento di avviamento	Previsione del mercato bulgaro e greco in anticipo e bilanciamento dei prezzi dell'energia.
Dati di ingresso / variabili	Previsioni della domanda di impianti e processi; caratterizzazione della flessibilità tramite archetipi; previsioni dei prezzi di mercato per entrambi i paesi; margini di capacità di interconnessione resi disponibili da ESO e IPTO; vincoli operativi giornalieri (inclusi manutenzioni e chiusure programmate) comunicati dal cluster bulgaro tramite STOMANA e HELLENiQ ENERGY.

Logica decisionale	L'aggregatore / iFAAP valuta la disponibilità combinata, le condizioni di mercato e i vincoli industriali, e determina la strategia di offerta nei due contesti di mercato, con previsioni di domanda e prezzi fornite da UPAT e pooling di flessibilità della domanda da parte di CARTIF.
Azione attesa	Ideare il mercato anticipato e bilanciare offerte energetiche sia per il mercato greco che per quello bulgaro.
Esito atteso	Scenario di flessibilità transfrontaliero valutato senza violare i vincoli di produzione o di rete.

Sistemi, Dati e Vincoli - UC-BGGR-02

Sistemi coinvolti: HELLENiQ Powernet e Zenon EMS; installazioni Schneider Electric EMS a STOMANA; la piattaforma di aggregazione e ottimizzazione iFAAP; e le interfacce TSO e di mercato su entrambi i lati del confine (IBEX ed ESO sul lato bulgaro, HEnEx e IPTO dal lato greco).

Informazioni utilizzate: previsioni della domanda di impianti e processi; caratterizzazione della flessibilità tramite archetipi; previsioni dei prezzi di mercato per entrambi i paesi; e la capacità di interconnessione disponibile comunicata dai due TSO per il giorno successivo.

Vincoli tecnici e operativi: vincoli operativi degli archetipi rilevanti da entrambe le parti. Dal lato bulgaro, limiti di processo STOMANA, programma di produzione, qualità, sicurezza e vincoli di manutenzione. Dal lato greco, il carattere continuo del processo di raffinazione, la limitazione del carico regolabile dell'estrusore a un massimo di 1 MW e la dipendenza del consumo dal grado di polipropilene nella produzione. L'asimmetria nella granularità dei dati tra le due parti, 15 minuti sul lato bulgaro e orario sul lato greco, limita la risoluzione temporale a cui l'aggregato transfrontaliero può essere caratterizzato.

Vincoli di mercato e regolamentari: regole di mercato greco e bulgaro; l'idoneità degli aggregatori, poiché la flessibilità del cluster bulgaro può raggiungere il mercato greco di bilanciamento solo implicitamente tramite un aggregatore di flessibilità certificato; e la fattibilità dell'equilibrio transfrontaliero, che è limitata dalla capacità di interconnessione rimanente dopo la superazione del mercato day-ahead.

Scenario d'uso principale - UC-BGGR-02

Trigger: Per il giorno di consegna successivo, i vincoli operativi degli archetipi rilevanti, inclusi la manutenzione pianificata e gli shut-down, diventano disponibili da STOMANA e HELLENiQ ENERGY (passo 1); le previsioni di domanda così come di energia e bilanciamento dei prezzi per entrambi i mercati sono prodotte dalle componenti di previsione della domanda e dei prezzi dell'iFAAP, sviluppate da UPAT (passo 2); e i margini di capacità di interconnessione per il giorno successivo sono resi disponibili da ESO e IPTO (passo 3).

Valutazione: La componente di aggregazione della flessibilità della domanda di iFAAP, sviluppata da CARTIF, valuta la flessibilità combinata disponibile sui due lati del confine all'interno dei rispettivi

vincoli operativi archetipici, confronta le condizioni di mercato nei due paesi e determina quanto della flessibilità disponibile possa essere valorizzata oltre confine dato il margine di interconnessione.

Decisione: Lo stesso componente elabora le offerte ottimali per il mercato del giorno prima (passo 4) e, tenendo conto delle posizioni risultanti, le offerte ottimali per il mercato energetico di bilanciamento (passo 5), sia per la parte bulgara che per quella greca. I siti industriali partecipanti confermano che i programmi risultanti sono compatibili con i loro piani di produzione.

Attivazione: Le offerte vengono presentate ai rispettivi mercati, direttamente da STOMANA come BRP sul lato bulgaro e tramite l'aggregatore di flessibilità certificato sul lato greco, e i programmi risultanti vengono trasmessi all'EMS industriale di ciascun sito.

Monitoraggio e risultato: Il consumo consegnato viene misurato e confrontato con le posizioni programmate da entrambe le parti. I KPI definiti per il cluster industriale, incluso il volume di energia scambiata oltre confine, vengono poi valutati dai partner del consorzio sotto la guida di UPAT (step 6).

3.3 Registro Consolidato dei Casi d'Uso

Gli otto Case d'Uso sviluppati nei tre progetti pilota LEONARDO affrontano diverse forme e livelli di flessibilità industriale. Vanno dall'aggregazione e attivazione di risorse distribuite all'operatività a misura di prezzo, meccanismi di flessibilità locali e nazionali e coordinamento transfrontaliero.

I tre Casi d'Uso italiani formano una sequenza che va dall'aggregazione di carichi industriali e risorse energetiche distribuite attraverso il loro potenziale utilizzo nel mercato nazionale di bilanciamento fino a un mercato locale di flessibilità all'interno dell'area di distribuzione CEDIS. I Casi d'Uso austriaci combinano valutazioni basate su dati con attività concettuali e basate su scenari. Affrontano una risposta industriale flessibile ai prezzi Day-Ahead, un possibile meccanismo di flessibilità a livello di distribuzione futura e le condizioni per una potenziale partecipazione e coordinamento a livello TSO. I Casi d'Uso bulgaro-greci si concentrano sull'aggregazione e la programmazione orientata al mercato di grandi carichi industriali, prima all'interno della Bulgaria e successivamente nelle aree di mercato bulgara e greca.

Pilota	Caso d'Uso e titolo	Focus principale	Risultato atteso
Pilota italiano	**UC-IT-01 – Flessibilità aggregata da carichi industriali distribuiti e risorse energetiche**	Aggregazione e coordinamento dei carichi industriali e delle risorse energetiche distribuite tramite FLEXIA	Approccio validato per la pianificazione e l'attivazione della flessibilità aggregata
Pilota italiano	**UC-IT-02 – Operare nel mercato nazionale di bilanciamento**	Potenziale partecipazione delle risorse aggregate nel mercato italiano di bilanciamento	Valutazione del potenziale contributo dell'aggregato ai servizi di bilanciamento nazionali
Pilota italiano	**UC-IT-03 – Gestire il mercato locale di**	Flessibilità locale per l'autoconsumo, integrazione	Operazione simulata di mercato locale e flessibilità e

	flessibilità per la gestione della rete DSO	RES e gestione della rete di distribuzione	valutazione dei suoi effetti sulla rete e sull'economia
Pilota austriaco	**UC-AT-01 – Esplora strategie diverse di partecipazione al mercato energetico in Austria**	Risposta industriale flessibile ai prezzi dell'elettricità Day-Ahead, considerando fotovoltaico e accumulo in loco	Strategie operative adeguate e potenziali benefici quantificati per i siti industriali
Pilota austriaco	**UC-AT-02 – Progettazione del Mercato della Flessibilità a Livello di Distribuzione**	Potenziale contributo della flessibilità industriale a un possibile futuro meccanismo di flessibilità a livello di distribuzione	Meccanismo proposto a livello DSO per abbinare le future esigenze della rete con la flessibilità industriale
Pilota austriaco	**UC-AT-03 – Coordinamento della flessibilità multilivello**	Condizioni per una potenziale partecipazione a livello TSO e per il coordinamento con un possibile utilizzo a livello DSO	Valutazione delle opzioni di partecipazione e coordinamento per la flessibilità industriale
Pilota bulgaro-greco	**UC-BGGR-01 – Flessibilità industriale aggregata bulgara al confine**	Aggregazione e pianificazione orientata al mercato della flessibilità industriale all'interno della Bulgaria	Approccio validato di aggregazione e offerta per i mercati all'ingrosso e di bilanciamento bulgari
Pilota bulgaro-greco	**UC-BGGR-02 – Flessibilità industriale aggregata transfrontaliera BG/GR**	Aggregazione transfrontaliera della flessibilità industriale bulgara e greca	Valutazione delle opportunità di aggregazione transfrontaliera e di mercato

Nel complesso, il registro consolidato dimostra che i Casi d'Uso LEONARDO coprono una progressione dall'identificazione e aggregazione della flessibilità industriale al suo potenziale utilizzo nell'operatività basata sui prezzi, nel supporto alla rete e nei mercati energetici nazionali o transfrontalieri.

4 Valutazione delle prestazioni e Framework KPI

Questo capitolo presenta la valutazione delle prestazioni e il quadro KPI sviluppato per i tre Siti Pilota LEONARDO. Il quadro traduce gli obiettivi e i risultati attesi dei Casi d'Uso specifici del pilota in indicatori misurabili e fornisce una struttura comune per il loro monitoraggio e valutazione successiva.

I KPI sono stati definiti a livello di Sito Pilota e Caso d'Uso per riflettere le diverse condizioni tecniche, operative, di mercato ed economiche affrontate dai singoli scenari. Contemporaneamente, è stato applicato un approccio di formulazione armonizzato a tutti i progetti pilota per garantire coerenza e comparabilità. In linea con l'ambito definito per il quadro di valutazione, il set di KPI considera le dimensioni tecniche, ambientali, economiche e sociali come applicabili ai rispettivi Casi d'Uso.

4.1 Approccio di valutazione e struttura del quadro

La formulazione del KPI è stata integrata direttamente nel modello comune di modellazione dei Casi d'Uso. Questo approccio ha permesso di sviluppare gli indicatori insieme alla specifica dettagliata di ogni Caso d'Uso e ha garantito una chiara allocazione di ogni KPI al rispettivo Sito Pilota e scenario.

Per ogni Caso d'Uso, sono stati considerati gli obiettivi definiti, i risultati attesi, le condizioni operative e i vincoli rilevanti nell'identificazione degli indicatori appropriati. Il modello fornisce una struttura comune per documentare la categoria KPI, la definizione KPI, l'unità e il metodo di misura o calcolo. Questo consente di descrivere gli indicatori in un formato coerente, consentendo al contempo che il loro contenuto rifletta le caratteristiche specifiche di ciascun Caso d'Uso.

Il framework risultante combina una metodologia armonizzata con set di KPI specifici per il pilota. Supporta quindi un approccio di valutazione coerente in tutto LEONARDO senza perdere il focus individuale dei diversi Case d'Uso e Siti Pilota.

4.2 Repository KPI e parametri di monitoraggio

Questa sezione presenta il repository KPI sviluppato per i tre Siti Pilota e i rispettivi Casi d'Uso. Gli indicatori saranno documentati insieme alla loro categoria, definizione, unità e metodo di misura o calcolo, nonché ai parametri di monitoraggio rilevanti disponibili in questa fase del progetto.

4.2.1 Sito Pilota #1: Pilota Italiano

Panoramica KPI del Pilot – Sito Pilota #1

Per valutare sistematicamente le prestazioni della piattaforma di aggregazione sviluppata nel sito demo italiano e quantificare i benefici multidimensionali delle soluzioni di flessibilità simulate nei contesti nazionali e locali, è stato strutturato un insieme su misura di KPI nei tre principali Casi d'Uso.

Per il primo Caso d'Uso, focalizzato sull'aggregazione della flessibilità da carichi industriali distribuiti e risorse energetiche, l'attenzione è sulla capacità della piattaforma di costruire e gestire un aggregato di flessibilità affidabile, motivo per cui i KPI scelti affrontano sia l'estensione della risorsa aggregata (espressa in termini di potenza disponibile e energia attivabile annuale, separatamente

per flessibilità ascendente e discendente) sia la qualità operativa della piattaforma stessa, misurata attraverso il tasso di successo delle attivazioni e il tempo medio necessario per raggiungere un nuovo setpoint dopo l'attivazione per una richiesta di flessibilità. Per il calcolo, devono essere tenuti in considerazione i vincoli operativi specifici per asset come continuità di processo, soglie termiche, limiti di sicurezza e limiti di stato di carica per sistemi di accumulo di energia a batteria e veicoli elettrici, così come i dati provenienti dal registro di attivazione simulato. Questi indicatori insieme forniscono un quadro chiaro di quanta flessibilità può essere implementata e di quanto efficacemente la piattaforma possa coordinarla nella pratica, che sono le condizioni fondamentali per qualsiasi successivo servizio di mercato o rete.

Per il secondo Caso d'Uso, i KPI si orientano verso la dimostrazione del valore che l'aggregato di flessibilità può offrire sulla scala nazionale di bilanciamento, coprendo quindi tre dimensioni complementari: l'impatto sulla rete in termini di peak shaving e spostamento della domanda nei momenti di basso consumo, misurando la capacità della piattaforma di rimodellare il profilo di carico durante le richieste di bilanciamento del mercato; i rendimenti economici simulati generati dalla partecipazione ai meccanismi di disponibilità di capacità di Terna e dalle modulazioni di bilanciamento del mercato, e il beneficio ambientale espresso come emissioni evitate di CO2eq rispetto agli impianti di picco convenzionali a gas che altrimenti fornirebbero bilanciamento. Questa combinazione è stata scelta perché consente di valutare il Caso d'Uso non solo su basi tecniche ma anche sulla sua capacità di fornire valore economico e di decarbonizzazione.

Infine, per il terzo Caso d'Uso, che affronta i mercati di flessibilità locali per la gestione della rete degli operatori del sistema di distribuzione, i KPI sono adattati alla dimensione locale del servizio: le metriche di impatto sulla rete misurano la mitigazione della congestione locale causata dalla sovrapproduzione di rinnovabili e l'aumento dell'autoconsumo attraverso la riduzione delle importazioni dalla rete esterna; le metriche di impatto economico valutano sia i benefici economici che CEDIS può ottenere valorizzando le risorse locali e riducendo la sua esposizione agli acquisti all'ingrosso, sia i ricavi ottenuti da singoli utenti industriali che partecipano al mercato locale di flessibilità di CEDIS tramite premi di disponibilità e attivazione. In questo modo, gli indicatori UC3 catturano sia i benefici fisici che economici della valorizzazione della flessibilità locale, riflettendo la doppia prospettiva del DSO e degli utenti partecipanti.

TABELLA 44: PILOT #1 - REPOSITORY KPI

Categoria KPI	KPI	Caso d'Uso correlato	Metodo di misura / calcolo	Parametri di monitoraggio / Stato
Flessibilità Prestazioni	Capacità aggregata di flessibilità (disponibilità), verso l'alto e verso il basso [MW]	UC-IT-01	Considera per ogni asset flessibile la differenza tra potenza massima (o minima) e potenza nominale, tenendo conto dei vincoli specifici dell'asset. La capacità di flessibilità aggregata viene calcolata come la somma di ogni singolo contributo dell'asset, separatamente per	Vincoli specifici per asset: continuità di processo, limiti termici, sicurezza dei lavoratori, energia residua in entrata e uscita (definita come la quantità di energia che può fluire in una batteria, inclusi i veicoli elettrici, prima della carica completa; o che può uscire

			la flessibilità a salire e a scendere	dalla batteria prima del SOC minimo), ecc.
Flessibilità Prestazioni	Volume aggregato di flessibilità (attivazione), verso l'alto e verso il basso [MWh/anno]	UC-IT-01	Considera per ogni asset flessibile l'energia che può essere spostata in un anno, considerando la potenza flessibile e il numero stimato di ore di finestra di attivazione. Il volume aggregato di flessibilità viene calcolato come la somma di ogni singolo contributo di asset, separatamente per flessibilità al rialzo e al basso	Finestre di attivazione specifiche per asset durante l'anno
Prestazioni operative	Attivazioni riuscite sul totale delle richieste [%]	UC-IT-01	Numero di quarti d'ora caratterizzato da una risposta efficace degli asset alla piattaforma FLEXIA rispetto al totale dei quarti d'ora caratterizzato da una richiesta di flessibilità. Il quarto d'ora è utilizzato come tipico "periodo di liquidazione" nei programmi di flessibilità.	Registro di attivazione simulato
Prestazioni operative	Durata media del ciclo (dall'attivazione della flessibilità al nuovo setpoint) [min]	UC-IT-01	Tempo medio dall'attivazione della flessibilità alla risposta di ritorno più tempo simulato di ramp up/down fino al nuovo setpoint.	Registro di attivazione simulato; caratteristiche specifiche di aumento e discesa per asset
Impatto sulla rete	Peak-shaving e load-shift a momenti di bassa domanda [MW]	UC-IT-02	Riduzione massima/aumento simulato del consumo durante la richiesta MSD per un picco/valle	Registro di attivazione simulato; Requisiti di attivazione rapida di Terna da confrontare; volumi di richieste attuali dell'MSD
Impatto economico	Ricavi simulati da MSD/UVA (€/anno)	UC-IT-02	Ricavi simulati derivanti dalla partecipazione annuale all'UVA di Terna (disponibilità) e al MSD di GME per Terna (attivazione: energia modulata)	Registro di attivazione simulato; Requisiti di attivazione rapida di Terna da confrontare; volumi e prezzi delle richieste MSD presenti; premium di disponibilità UVA attuale

Impatto ambientale	Riduzione stimata delle emissioni degli impianti di picco a gas per il bilanciamento (tonCO2eq/anno)	UC-IT-02	CO2 simulata evitata partecipando al bilanciamento nazionale della rete in sostituzione di un'unità convenzionale a gas (fattore di emissione: 380 gCO2eq/kWh; fonte: ISPRA, Settore elettrico: emissioni di CO2 e altri impatti, 2026)	Registro di attivazione simulato; Requisiti di attivazione rapida di Terna da confrontare; volumi di richieste attuali dell'MSD
Impatto sulla rete	Riduzione locale della congestione delle RES [MW]	UC-IT-03	Riduzione simulata del massimo controflusso nell'anno dalla rete CEDIS a quella esterna, grazie all'attivazione della flessibilità verso il basso durante un'elevata produzione locale di RES	Registro di attivazione simulato; proiezioni flussi di rete
Impatto sulla rete	Riduzione delle importazioni dalla rete esterna (aumento dell'autoconsumo) [MWh/anno]	UC-IT-03	Riduzione simulata dell'energia annua importata dalla rete esterna (acquistata dal mercato all'ingrosso) e conseguente aumento dell'autoconsumo annuale grazie alle attivazioni di flessibilità	Registro di attivazione simulato; proiezioni flussi di rete
Impatto economico	Ricavi da autoconsumo per CEDIS [€/anno]	UC-IT-03	Valorizzazione economica simulata dell'autoconsumo più elevato: margine di consumo locale (rispetto al commercio all'ingrosso durante il periodo di picco della produzione) più risparmi derivanti da acquisti più bassi nel mercato all'ingrosso	Registro di attivazione simulato; proiezioni flussi di rete; prezzi attuali del mercato all'ingrosso di GME
Impatto economico	Ricavi cumulativi per gli utenti industriali [€/anno]	UC-IT-03	Ricavi economici simulati per utenti industriali derivanti dalla partecipazione al LFM di CEDIS: ricavi da disponibilità (€/MW di capacità flessibile offerta) più ricavi da attivazione (€/MWh di energia spostata rispetto a una base predefinita)	Registro di attivazione simulato; disponibilità e premi di attivazione accessibili

4.2.2 Sito Pilota #2: Pilota austriaco

Panoramica KPI del Pilot – Sito Pilota #2

Il set di KPI sviluppato per il progetto pilota austriaco riflette i diversi obiettivi e livelli di maturità dei tre Casi d'Uso. Copre l'uso economico della flessibilità industriale in risposta ai prezzi dinamici Day-Forward, il potenziale contributo della flessibilità industriale a un possibile futuro mercato della flessibilità a livello di distribuzione e l'adeguatezza e l'allocazione coordinata della flessibilità tra meccanismi a livello DSO e TSO.

Per UC-AT-01, i KPI valutano gli effetti economici ed energetici dello spostamento del consumo industriale flessibile a periodi più favorevoli. L'indicatore principale è la potenziale riduzione dei costi elettrici rispetto allo scenario di operazione di riferimento. È integrato da indicatori di miglioramento dell'autoconsumo fotovoltaico e della quantità di carico flessibile che può essere spostata in periodi con prezzi dell'elettricità più bassi o maggiore produzione fotovoltaica in loco.

I KPI UC-AT-02 valutano il potenziale utilizzo della flessibilità industriale all'interno di un possibile mercato futuro di flessibilità a livello di distribuzione. Poiché attualmente non esiste un mercato simile in Austria e non sono disponibili reali richieste DSO o dati specifici per i vincoli di rete per il sito, questi KPI saranno valutati utilizzando scenari simulati. Misurano la flessibilità industriale potenzialmente disponibile per l'uso a livello di distribuzione, la sua disponibilità quando si verifica un bisogno di flessibilità presunta e la quota di tale bisogno che potrebbe essere coperta.

Per UC-AT-03, i KPI valutano se la flessibilità industriale disponibile soddisfa i requisiti definiti per l'uso a livello DSO, TSO o entrambi. Un secondo indicatore esamina se una flessibilità potenzialmente adatta a entrambi i livelli possa essere assegnata senza doppio impegno e senza violare i vincoli dei processi industriali. Questi KPI si basano sul confronto delle caratteristiche di flessibilità del Sito Pilota con i requisiti rilevanti identificati tramite ricerca, scambio di conoscenze e sviluppo di scenari. Non misurano la partecipazione effettiva ai mercati DSO o TSO.

I KPI sono assegnati a singoli Case d'Uso perché ciascun Caso d'Uso affronta un obiettivo di valutazione distinto. Tuttavia, si basano su un insieme comune di parametri di monitoraggio sottostanti, tra cui la domanda di elettricità industriale, le condizioni di processo, la disponibilità di energia flessibile, la durata della flessibilità, la generazione fotovoltaica e le informazioni sullo accumulo. Riferimenti di base, scenari rappresentativi e periodi di monitoraggio dettagliati saranno ulteriormente specificati durante l'installazione del pilota e il monitoraggio di baseline.

TABELLA 45: PILOT #2 - REPOSITORY KPI

Categoria KPI	KPI	Caso d'Uso correlato	Metodo di misura / calcolo	Parametri di monitoraggio / Stato
Impatto economico	**Potenziale di risparmio sui costi dell'elettricità** – Potenziale riduzione dei costi elettrici grazie all'uso	UC-AT-01	Confronto dei costi dell'elettricità per i profili di carico di riferimento e ottimizzati	Sono necessari profili di carico e prezzi per il mercato del giorno prima.

	ottimizzato della flessibilità industriale. **Unità: % / EUR**		utilizzando gli stessi prezzi Day-Ahead.	
Flessibilità attivata	**Carico flessibile spostato a periodi favorevoli** – Consumo flessibile identificato come spostato verso periodi con prezzi più bassi e/o maggiore disponibilità fotovoltaica. **Unità: % / kWh**	UC-AT-01	Quantità e quota di consumo flessibile rispetto all'operazione di riferimento.	Profili di carico, informazioni sui prezzi di mercato e produzione fotovoltaica e limiti di flessibilità richiesti.
Flessibilità Potenziale	**Potenziale di flessibilità industriale per l'uso a livello di distribuzione** – Energia e potenza flessibili potenzialmente disponibili per un possibile mercato futuro DSO. **Unità: kW / kWh**	UC-AT-02	Determinazione di potenza ed energia flessibili tecnicamente e operativamente fattibili.	Carico industriale, flessibilità, durata e vincoli di processo richiesti.
Potenziale di supporto alla rete	**Contributo potenziale alle esigenze di flessibilità a livello di distribuzione assunte** – Quota di un bisogno di flessibilità assunto che potrebbe essere coperto. **Unità: %**	UC-AT-02	Flessibilità industriale disponibile divisa per il bisogno di flessibilità presunto.	Necessità di flessibilità rappresentativa e flessibilità industriale disponibile.
Idoneità alla flessibilità	**Idoneità della flessibilità industriale per la partecipazione a livello TSO** – Valutazione se la flessibilità industriale identificata possa soddisfare i requisiti tecnici, operativi e di accesso al mercato rilevanti per servizi di flessibilità TSO selezionati. **Unità: valutazione qualitativa / % dove quantificabile**	UC-AT-03	Confronto tra le condizioni di flessibilità industriale e partecipazione identificate con i requisiti di servizi di flessibilità TSO selezionati.	Caratteristiche di flessibilità industriale e requisiti tecnici, regolamentari, di aggregazione e di accesso al mercato rilevanti.

4.2.3 Sito Pilota #3: pilota bulgaro-greco

Panoramica KPI del Pilot – PS#3

Il set KPI definito per il pilota bulgaro-greco copre due livelli complementari. Il primo è il livello del Caso d'Uso, derivato direttamente dagli obiettivi e dagli obiettivi attesi di UC-BGGR-01 e UC-BGGR-02 come specificato nella Sezione 3.2.3. Comprende un indicatore economico, un indicatore di di prestazione della flessibilità e un indicatore di impatto sul sistema. I primi due sono comuni a entrambi i Casi d'Uso, age3ndo entrambi attraverso lo stesso meccanismo di spostamento della

domanda; il terzo si applica solo all'UC-BGGR-02, poiché lo scambio energetico transfrontaliero non ha controparti nella configurazione dell'UC-BGGR-01.

Il secondo livello comprende gli indicatori a livello di progetto rispetto ai quali il progetto pilota viene valutato all'interno del quadro LIFE: risparmio energetico primario e finale, generazione di RES, riduzione delle emissioni di gas serra e investimenti cumulativi in energia sostenibile. Questi si applicano al progetto pilota nel suo complesso piuttosto che a un Caso d'Uso individuale e sono calcolati sull'aggregato dei due siti industriali, con la suddivisione tra STOMANA e HELLENiQ che segue il consumo di rete di base riportato per ciascuno.

Poiché né l'aggregato bulgaro né quello transfrontaliero operano attualmente come entità attiva sul mercato elettrico, tutti i KPI dei Casi d'Uso saranno valutati confrontando il programma aggregato ottimizzato con una base business-as-usual. Tale base non è ancora disponibile: sarà stabilita durante l'installazione del pilota e il monitoraggio dei dati di base in T5.1, e la valutazione stessa sarà effettuata in T5.4. In linea con il flusso di processo specificato per entrambi i Casi d'Uso nella Sezione 3.2.3, la valutazione di questi KPI viene effettuata dai partner del consorzio sotto la guida di UPAT. I parametri di monitoraggio elencati di seguito distinguono quindi tra le informazioni già disponibili dall'indagine pilota e gli elementi che restano da definire.

TABELLA 46: PILOT #3 - REPOSITORY KPI

Categoria KPI	KPI	Caso d'Uso correlato	Metodo di misura / calcolo	Parametri di monitoraggio / Stato
Impatto economico	Riduzione totale (energia e bilanciamento) dei costi elettrici per il cluster industriale [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Differenza tra il costo energetico combinato del giorno precedente e il bilanciamento del cluster aggregato secondo la strategia di offerta ottimizzata vs. la linea di riferimento business-as-usual, espressa come percentuale del costo di base.	Disponibili: consumo misurato a 15 minuti (STOMANA SofiaMed ed ETEM Gestamp) e granularità oraria (HELLENiQ); prezzi di mercato IBEX ed ESO, più prezzi HEnEx e IPTO per UC-BGGR-02. Da definire: base business-as-usual (T5.1).
Prestazioni di flessibilità	Quantità di domanda spostata [MWh]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Volume energetico spostato nel tempo rispetto al profilo di consumo di base, calcolato dai profili misurati degli asset partecipanti durante il periodo di valutazione. La convenzione di aggregazione tra asset deve essere fissata in T2.4 e applicata in T5.4.	Disponibili: profili misurati e inviluppi operativi per archetipo. Da definire: capacità flessibile validata per asset, ancora soggetta a conferma dei limiti di processo da parte dei Siti Pilota.

Impatto sul sistema	Quantità di energia scambiata oltre i confini [MWh]	UC-BGGR-02	Volume energetico programmato attraverso l'interconnessione BG–GR come risultato delle offerte di flessibilità transfrontaliere, sommate durante il periodo di valutazione.	Da definire: margini di capacità di interconnessione da fornire da ESO e IPTO; convenzione di attribuzione per la partecipazione implicita transfrontaliera tramite un aggregatore certificato.
Efficienza energetica (progetto KPI 2)	Risparmio energetico finale [MWh/anno]	Livello pilota (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Approccio bottom-up secondo le linee guida CINEA: consumo di elettricità della rete misurato e/o stimato prima e dopo l'implementazione. Obiettivo di 8.500 MWh/anno durante il progetto, contro un consumo di rete pre-progetto di 850.000 MWh/anno (STOMANA 540.000; HELLENiQ 310.000) e 25.500 MWh/anno nei cinque anni successivi al progetto.	Da definire: misurazione di base in T5.1. Si noti la divergenza tra questi dati di base e il consumo annuale riportato nel sondaggio pilota (Sezione 2.2.3), da chiarire con i due siti.
Efficienza energetica (progetto KPI 1)	Risparmio energetico primario [MWh/a]	Livello pilota (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Risparmio energetico finale moltiplicato per il fattore energetico standard primario di 1,9. Valore della proposta 17.000 MWh/anno, rivisto a 16.150 MWh/anno per essere coerente con il risparmio energetico finale; il valore della proposta per i cinque anni successivi al progetto è di 51.000 MWh/anno e non è ancora stato rivisto.	Derivato dal progetto KPI 2; non è necessario un monitoraggio separato.
Impatto ambientale (progetto KPI 4)	Riduzione delle emissioni di gas serra [tCO_2eq/y]	Livello pilota (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Diminuzione del consumo di elettricità della rete moltiplicata per il fattore di emissione nazionale (BG 0,508 o 0,540; GR 0,412 o 0,502 tCO_2eq/MWh). Obiettivo di 4.413 tCO_2eq/anno durante il progetto e 13.239	Da definire: suddivisione del risparmio di 8.500 MWh/anno tra i siti bulgari e greci, che determina i fattori di emissione applicabili, e la selezione tra i due valori per paese.

			tCO_2eq/anno nei cinque anni successivi al progetto.	
Impatto ambientale (progetto KPI 3)	Generazione RES [MWh/y]	Livello pilota (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Misurazione diretta della generazione elettrica RES in loco. Obiettivo 0 MWh/y sia durante il progetto che nei cinque anni successivi.	Nessuna generazione RES in loco segnalata in nessuno dei due siti (Sezione 2.2.3); nessuna infrastruttura di monitoraggio necessaria.
Investimento (progetto KPI 5)	Investimenti cumulativi nell'energia sostenibile [€]	Livello pilota (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Misurazione diretta dell'investimento nella generazione di RES e nella flessibilità elettrica (generazione, batterie, monitoraggio e controllo). Valore della proposta 0 sia durante il progetto che nei cinque anni successivi.	Da confermare con i due siti industriali.

4.3 Quadro Consolidato di Valutazione delle Prestazioni

Il quadro di valutazione delle prestazioni riunisce i KPI definiti per gli otto Case d'Uso tra i tre piloti LEONARDO. Gli indicatori coprono i principali aspetti tecnici, operativi, legati alla rete, economici, ambientali ed energetici della flessibilità industriale e riflettono i diversi obiettivi e configurazioni dei singoli piloti.

La panoramica consolidata raggruppa i KPI per categoria di valutazione e li collega ai corrispondenti progetti pilota e ai Casi d'Uso. Questo evidenzia le aree di valutazione comuni in tutto LEONARDO, mantenendo però gli indicatori specifici per il pilota necessari per valutare le diverse risorse di flessibilità, i meccanismi di mercato e i livelli di sistema. Definizioni dettagliate, metodi di calcolo e parametri di monitoraggio sono forniti nelle rispettive sezioni dei KPI pilota.

TABELLA 47: PANORAMICA CONSOLIDATA DEI KPI

Categoria KPI	Pilota	Caso d'Uso correlato	KPI
Flessibilità Prestazioni	Italia	UC-IT-01	Capacità aggregata di flessibilità [MW]; volume aggregato di flessibilità [MWh/anno]
	Austria	UC-AT-01, UC-AT-02	Carico flessibile spostato a periodi favorevoli [% / kWh]; potenziale di flessibilità industriale per l'uso a livello di distribuzione [kW / kWh]
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Quantità di domanda spostata [MWh]

Prestazioni operative	Italia	UC-IT-01	Attivazioni riuscite oltre il totale delle richieste [%]; durata media del ciclo [min]
Impatto sulla rete e sul sistema	Italia	UC-IT-02, UC-IT-03	Riduzione dei picchi e riempimento dei periodi di bassa domanda [MW]; riduzione locale della congestione delle energie energetiche [MW]; riduzione delle importazioni dalla rete esterna [MWh/anno]
	Austria	UC-AT-02	Potenziale contributo alle esigenze di flessibilità a livello di distribuzione assunte [%]
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-02	Quantità di energia scambiata oltre i confini [MWh]
Idoneità alla flessibilità	Austria	UC-AT-03	Idoneità della flessibilità industriale per la partecipazione a livello TSO [valutazione qualitativa / % dove quantificabile]
Impatto economico	Italia	UC-IT-02, UC-IT-03	Ricavi simulati da MSD/UVA [EUR/anno]; ricavi da autoconsumo per CEDIS [EUR/anno]; ricavi cumulativi per utenti industriali [EUR/anno]
	Austria	UC-AT-01	Potenziale di risparmio sui costi dell'elettricità [% / EUR]
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Riduzione totale del costo dell'elettricità per il cluster industriale [%]
Efficienza energetica	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Risparmio energetico finale [MWh/anno]; risparmio energetico primario [MWh/anno]
Impatto ambientale	Italia	UC-IT-02	Riduzione stimata delle emissioni degli impianti di bilanciamento a gas [tCO_2eq/anno]
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Riduzione delle emissioni di gas serra [tCO_2eq/anno]; Generazione RES [MWh/anno]
Investimento	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Investimenti cumulativi nell'energia sostenibile [EUR]

Il framework consolidato dei KPI fornisce la base per definire le basi necessarie e monitorare i parametri durante la preparazione del pilota, monitorare l'implementazione dei Casi d'Uso e valutarne le prestazioni. I risultati supporteranno il confronto tra gli esiti raggiunti o basati su scenari con gli obiettivi definiti per ciascun progetto pilota e Caso d'Uso.

Tracciabilità e utilizzo dei risultati D2.2

Questo capitolo mostra come i principali output di D2.2 siano collegati e come forniscono input alle attività successive del progetto. Stabilisce la tracciabilità dalle caratteristiche del Sito Pilota e dagli inventari di flessibilità, passando per i Casi d'Uso specificati, fino ai corrispondenti KPI e requisiti di monitoraggio. Spiega inoltre come questi risultati supportino l'architettura tecnica, la gestione dei dati, lo sviluppo degli algoritmi, la preparazione del pilota, l'integrazione, il test e la valutazione delle prestazioni all'interno di LEONARDO.

4.4 Utilizzo dei risultati in T2.5 – Requisiti tecnici e progetto architettonico

I sondaggi pilota, le specifiche dei Casi d'Uso e il framework KPI forniscono gli input specifici per il pilota necessari per lo sviluppo dell'architettura iFAAP e della roadmap di integrazione in T2.5. Insieme ai requisiti degli stakeholder stabiliti in T2.1, questi risultati supportano la traduzione delle esigenze operative dei tre piloti in requisiti funzionali, tecnici, informativi e di implementazione.

I sondaggi pilota identificano i sistemi e le risorse che devono essere rappresentati o connessi, inclusi sistemi di monitoraggio e controllo industriale, EMS, tecnologie di generazione e stoccaggio, asset industriali flessibili, fonti di dati e interfacce disponibili. Descrivono inoltre vincoli rilevanti riguardanti la disponibilità dei dati, l'interoperabilità, il funzionamento industriale, la continuità dei processi e le capacità di controllo. Queste informazioni supportano la definizione dei confini di sistema, delle connessioni dati e dei requisiti di integrazione specifici per il pilota.

Le specifiche dei Case d'Uso descrivono i flussi di lavoro previsti tra asset industriali, sistemi di controllo e monitoraggio, componenti iFAAP e attori rilevanti del mercato energetico o della rete. Le loro sequenze operative, variabili di input, azioni attese e scambi di informazioni forniscono la base per le viste funzionali e i diagrammi di sequenza sviluppati in T2.5. Le differenze tra Case d'Uso operativi, simulati e basati su scenari indicano anche quali funzioni e interfacce sono richieste per ciascuna configurazione pilota.

Il framework KPI integra questi input identificando i dati e le informazioni di monitoraggio necessarie per valutare i Casi d'Uso. Supporta la specifica delle misurazioni, dei risultati calcolati e dei flussi informativi che devono essere disponibili per il monitoraggio e la valutazione delle prestazioni successive.

T2.5 consoliderà questi input nell'architettura iFAAP end-to-end. Il progetto architettonico risultante definirà i componenti necessari, le interfacce, gli accordi di interoperabilità e le viste di distribuzione specifiche per il pilota. La sua roadmap di integrazione guiderà successivamente le attività di orchestrazione e prototipazione in T5.2 e le configurazioni e implementazioni specifiche per il pilota in T5.3.

4.5 Uso dei risultati in WP3 – Gestione e raccolta dati

I risultati delle indagini pilota e la modellazione dei Casi d'Uso specifici del pilota forniscono input diretto alle attività di gestione dei dati, raccolta dati e interoperabilità svolte in WP3. Le indagini pilota identificano le risorse energetiche disponibili in ogni sito, inclusi sistemi di generazione e

stoccaggio, nonché risorse flessibili, caratteristiche rilevanti dei processi industriali e le relative fonti di dati. Queste informazioni aiutano a identificare le fonti di dati eterogenee che devono essere accessibili, raccolte e integrate nell'infrastruttura dati LEONARDO.

Le specifiche dei Casi d'Uso completano queste informazioni identificando i dati necessari per ogni scenario di flessibilità. In particolare, definiscono i principali dati di input e le variabili, i sistemi coinvolti nella fornitura dei servizi di flessibilità e i flussi informativi tra di essi.

In T3.1, questi input supportano la definizione e l'adattamento dei modelli semantici comuni identificando le principali entità da rappresentare. Gli asset, processi, misurazioni e scambi di informazioni identificati nei progetti pilota e nei Casi d'Uso forniscono la base per definire i concetti e le relazioni corrispondenti. Questi sono allineati, dove applicabile, con SAREF e le sue estensioni per fornire una rappresentazione armonizzata dei dati eterogenei del pilota all'interno del framework di interoperabilità semantica LEONARDO.

In T3.2, le informazioni sulle fonti dati disponibili, le interfacce di comunicazione e le caratteristiche dei dati vengono utilizzate per definire i meccanismi necessari per la raccolta dei dati e l'integrazione semantica. Le interfacce e le fonti dati identificate tramite i sondaggi pilota supportano la configurazione dei connettori batch e streaming necessari e dei processi ETL. Allo stesso tempo, i requisiti dati identificati nei Casi d'Uso guidano la trasformazione e la mappatura semantica dei dati raccolti nella rappresentanza comune dei dati LEONARDO.

Infine, i sistemi, gli attori e gli scambi di informazioni identificati nei Casi d'Uso sono rilevanti anche per T3.3, in particolare per l'integrazione dell'infrastruttura dati LEONARDO con i sistemi industriali ed energetici esistenti e con attori esterni, inclusi EMS legacy e interfacce TSO, DSO e di mercato rilevanti. Nel complesso, D2.2 fornisce il collegamento tra i dati disponibili nei Siti Pilota, le informazioni necessarie per implementare i Casi d'Uso, gli attori coinvolti nei servizi di flessibilità e i meccanismi di interoperabilità e integrazione di sistema trattati in WP3.

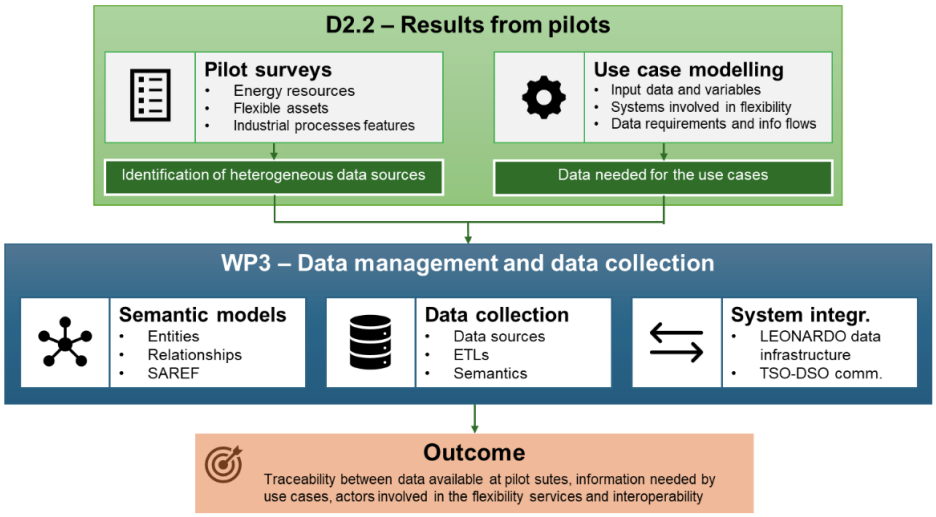


FIGURA 4: PANORAMICA DEI COLLEGAMENTI TRA I RISULTATI DI D2.2 E WP3

4.6 Uso dei risultati in WP4 – Algoritmi e servizi

Questa sezione descriverà come i Casi d'Uso specificati e i requiSiti Pilota correlati forniscano input allo sviluppo di algoritmi e servizi in WP4. I risultati dei sondaggi pilota e della modellazione dei Casi

d'Uso forniscono input rilevanti per adattare gli algoritmi e le soluzioni sviluppati all'interno di WP4 alle caratteristiche e agli obiettivi specifici dei cluster pilota LEONARDO.

Innanzitutto, il **Contesto di Mercato e Sistema** dei Casi d'Uso, in particolare i mercati target e i meccanismi di flessibilità, supporta l'identificazione dei prezzi di mercato rilevanti da prevedere all'interno del Task 4.2. Inoltre, le regole di mercato associate ai mercati selezionati forniscono il necessario contesto pilota specifico per definire i vincoli di mercato appropriati all'interno dei modelli di ottimizzazione a breve e lungo termine sviluppati rispettivamente nel Task 4.3 e nel Task 4.4.

In secondo luogo, le **tecnologie di generazione e stoccaggio in loco** identificate in ciascun Sito Pilota attraverso i sondaggi pilota supportano l'identificazione delle tecnologie RES per le quali sono richieste previsioni specifiche di generazione pilota all'interno del Task 4.1.

Infine, le **risorse e i processi industriali** flessibili identificati tra i piloti sono mappati alle corrispondenti categorie di archetipi di **flessibilità.** Questa categorizzazione sarà utilizzata per formulare i vincoli operativi matematici dei rispettivi archetipi di flessibilità all'interno del Compito 4.1, che successivamente saranno forniti come input ai modelli di ottimizzazione dei Compiti 4.3 e 4.4.

4.7 Utilizzo dei risultati in WP5 – Installazione del pilota, integrazione, test e valutazione delle prestazioni

I risultati di D2.2 forniscono una base diretta per la preparazione, configurazione, test, monitoraggio e valutazione dei tre progetti pilota LEONARDO in WP5. Gli inventari pilota definiscono l'infrastruttura disponibile e le risorse di flessibilità, i Casi d'Uso specificano le applicazioni da implementare o valutare e il framework KPI stabilisce i corrispondenti requisiti di monitoraggio e valutazione.

In T5.1, i risultati del sondaggio pilota supporteranno la preparazione dei singoli Siti Pilota. I sistemi di monitoraggio identificati, le interfacce, le risorse flessibili e la disponibilità dei dati saranno utilizzati per valutare la necessità di sensori, attuatori, gateway, piattaforme, protocolli o altre adattazioni aggiuntive. I requisiti di monitoraggio KPI guideranno la raccolta dei dati di base e lo sviluppo di profili di consumo industriale pre-LEONARDO. Questi parametri di riferimento forniranno il riferimento per la successiva valutazione dei risultati del pilota.

In T5.2, la roadmap di integrazione sviluppata in T2.5 sarà utilizzata per combinare i componenti iFAAP sviluppati in WP3 e WP4 in un prototipo comune. Le caratteristiche pilota e i flussi di lavoro dei Casi d'Uso definiti in D2.2 supporteranno la configurazione delle combinazioni di componenti richieste e la loro interazione con EMS industriali, interfacce di mercato e asset di monitoraggio esistenti. T5.2 condurrà anche test pre-pilota su piccola scala, utilizzando dati sintetici o fittizi dove appropriato, per verificare l'orchestrazione e il funzionamento del prototipo integrato in diverse condizioni operative e possibili guasti di sistema. La struttura modulare di iFAAP permetterà di preparare istanze specifiche per il pilota per il deployment in T5.3.

In T5.3, i Casi d'Uso forniranno la base per la configurazione, la distribuzione e il test specifici per il pilota dei componenti LEONARDO rilevanti. I sistemi, i dati di input, la logica operativa e i vincoli descritti in D2.2 guideranno l'implementazione degli scenari rispettivi. A seconda della maturità e dell'ambito di ogni Caso d'Uso, le attività potranno includere test operativi, simulazioni o valutazioni

basate su scenari. I KPI e i parametri di monitoraggio correlati saranno utilizzati per seguire l'implementazione e documentare gli effetti tecnici, operativi, economici e di sistema risultanti.

In T5.4, i risultati di monitoraggio di T5.3 saranno confrontati con le basi stabilite in T5.1 e valutati rispetto al framework KPI definito in D2.2. La valutazione coprirà la base pre-LEONARDO, le prestazioni dopo l'implementazione dei componenti iFAAP rilevanti e i parametri necessari per valutare gli impatti a lungo termine. I risultati KPI contribuiranno alla valutazione tecno-economica, alla valutazione ambientale e all'analisi della scalabilità e replicabilità previste in T5.4. Attraverso questa sequenza, D2.2 collega la caratterizzazione iniziale dei Siti Pilota con l'integrazione tecnica, l'implementazione specifica per il pilota e la valutazione finale delle prestazioni delle soluzioni LEONARDO.

Conclusioni

Questo Deliverable consolida i risultati delle indagini pilot, della modellazione specifica dei Casi d'Uso per pilota e dello sviluppo dei KPI effettuati in T2.3 e T2.4. Fornisce una descrizione strutturata dei tre piloti LEONARDO, dei loro processi industriali e sistemi energetici, delle risorse di flessibilità disponibili e delle condizioni tecniche e operative che ne influenzano l'uso.

I risultati dell'indagine rivelano configurazioni di flessibilità sostanzialmente diverse tra i piloti. Il pilota italiano integra carichi industriali distribuiti, generazione, stoccaggio di energia, idrogeno e risorse di mobilità elettrica all'interno di un'area di distribuzione locale. Il pilota austriaco integra flessibilità basata sui processi tra due siti dell'industria alimentare, inclusi processi di macinazione e produzione, refrigerazione e conservazione a freddo, affiancati da generazione fotovoltaica in loco e da stoccaggio a batterie. Il pilota bulgaro-greco integra grandi processi industriali ad alta intensità elettrica, con potenziale per l'aggregazione di flessibilità sia a livello nazionale che transfrontaliero.

Sulla base di queste caratteristiche, sono stati definiti otto Casi d'Uso specifici per il pilota. Essi coprono l'aggregazione e il coordinamento delle risorse distribuite, la risposta flessibile ai prezzi Day-Forward, la partecipazione a meccanismi di bilanciamento nazionali, possibili meccanismi di flessibilità a livello di distribuzione futura e il coordinamento nazionale, multilivello e transfrontaliero della flessibilità industriale. I Casi d'Uso riflettono diversi livelli di maturità tecnica e di mercato e quindi combinano approcci operativi, analitici, simulati e basati su scenari.

Il framework KPI collega ogni Caso d'Uso a indicatori che riflettono i suoi obiettivi e i risultati attesi. I KPI selezionati coprono flessibilità e prestazioni operative, impatti su rete e sistema, effetti economici, adeguatezza della flessibilità, efficienza energetica, impatti ambientali e investimenti. Forniscono la base per definire le linee di base e monitorare i requisiti, monitorare l'implementazione dei Case d'Uso e valutare i risultati raggiunti o basati su scenari durante le attività pilota successive.

I risultati di D2.2 forniscono input specifici per il pilota ai requisiti tecnici e al progetto architettonico iFAAP in T2.5, alle attività di gestione dati e interoperabilità in WP3 e ai servizi di previsione e ottimizzazione in WP4. Supporteranno inoltre la preparazione del pilota e il monitoraggio di base in T5.1, l'integrazione e prototipazione iFAAP in T5.2, il deployment e il monitoraggio specifici per il pilota in T5.3 e la valutazione olistica delle prestazioni in T5.4.

Nel complesso, D2.2 stabilisce una base comune e tracciabile per tradurre le diverse risorse di flessibilità industriale dei tre progetti pilota in Use Case definiti, indicatori di performance misurabili e successive attività tecniche e pilota all'interno di LEONARDO.

LEONARDO

Número do projeto: 101215528

Acrónimo do Projeto: LEONARDO

D2.2 - UCs Específicos por Piloto e Definição do Quadro de Avaliação de Desempenho

Data: 29-10-2026

Autora: Andrea Moser

Este projeto recebeu financiamento do programa LIFE da União Europeia ao abrigo do acordo de subvenção nº 101215528.

Detalhes do contrato do projeto

Título do projeto	fLexibility sErvices prOvision eNAbled fRom aggregated inDustrial prOsumers
Acrónimo do Projeto	LEONARDO
Acordo de Subvenção nº	101215528
Data de início do projeto	1 de setembro de 2025
Data de término do projeto	31 de agosto de 2028
Duração	36 meses
Website	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Detalhes do entregável

Número	2.2
Título	UCs Específicos por Piloto e Definição do Quadro de Avaliação de Desempenho
Pacote de Trabalho	2
Nível de disseminação[1]	PU
Data prevista de entrega	31-08-2026
Data de submissão	29-10-2026
Responsável pelo entregável	EEE
Autor(es) colaborador(es)	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE), Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Dimitris Katsikas (Stomana), Grigoris Dimopoulos (Stomana), Michaela Papageorgiou

[1] PU = Público
CO = Confidencial, apenas para membros do consórcio (incluindo Serviços da Comissão)

	(HelleniQ), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)
Revisor(es)	UPAT, STOMANA
Revisão final e aprovação de qualidade	29-10-2026

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

DATA	VERSÃO	NOME	ALTERAÇÕES
24-07-2026	0.1	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	ToC
11-09-2026	0.2	Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)	Integração dos contributos dos líderes de WP e dos pilotos
18-09-2026	0.3	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Primeira versão em rascunho
01-10-2026	1.0	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Versão final após revisão

Aviso legal

Direitos autorais © 2025 LEONARDO Parceiros do Consorcio. Todos os direitos reservados.

LEONARDO é um projeto LIFE, apoiado pela Comissão Europeia sob contrato nº 101215528. Para mais informações sobre o projeto, seus parceiros e suas atividades, por favor, entre em contato com infoleonardo@fbk.eu. Não é permitido copiar ou distribuir, de qualquer forma ou por qualquer meio, sem o acordo prévio por escrito do titular dos direitos de propriedade.

As opiniões e pontos de vista expressos, no entanto, são apenas dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da CINEA. Nem a União Europeia nem a autoridade concedente podem ser responsabilizados por eles. A responsabilidade pelas informações e pontos de vista expressos nele é inteiramente do(s) autor(es)

Sumário executivo

O Entregável D2.2 define os Casos de Uso específicos do piloto e o correspondente quadro de avaliação de desempenho para os três Locais Piloto LEONARDO em Itália, Áustria e Bulgária/Grécia. Consolida os resultados dos inquéritos-piloto realizados na Tarefa 2.3 e as atividades de definição de KPI realizadas na Tarefa 2.4.

Os inquéritos aos pilotos identificam diferenças substanciais entre os três pilotos em termos de setores industriais, escala, recursos de flexibilidade disponíveis, contexto da rede e do mercado, infraestrutura de controlo e disponibilidade de dados. O piloto italiano combina cargas industriais com geração distribuída, armazenamento, hidrogénio e recursos de mobilidade elétrica numa área de distribuição local. O piloto austríaco abrange dois locais da indústria alimentar cujos principais recursos de flexibilidade incluem moagem e outras cargas de produção, refrigeração e armazenamento frigorífico, geração fotovoltaica e armazenamento em baterias. O piloto búlgaro-grego envolve a produção intensiva em eletricidade de aço e polipropileno, com flexibilidade dominada por grandes cargas industriais.

Foram modelados oito Casos de Uso específicos por piloto, segundo uma estrutura comum. O piloto italiano aborda a agregação da flexibilidade industrial, a participação no mercado nacional de equilíbrio e a operação de um mercado local de flexibilidade. O piloto austríaco investiga a resposta flexível aos preços Day-Ahead e a potencial utilização da flexibilidade industrial num possível mercado futuro de flexibilidade ao nível da distribuição. O piloto búlgaro-grego avalia a agregação a nível nacional na Bulgária e a agregação transfronteiriça entre as áreas de mercado búlgara e grega.

O quadro de KPIs traduz os objetivos e resultados esperados dos Casos de Uso em indicadores mensuráveis. Dependendo da maturidade e âmbito do respetivo Caso de Uso, os KPIs serão avaliados utilizando dados monitorizados, comparações com operações de referência ou de funcionamento habitual e cenários representativos. Os indicadores abrangem flexibilidade e desempenho operacional, impactos na rede e no sistema, efeitos económicos, adequação da flexibilidade, eficiência energética, impactos ambientais e investimento.

Os perfis dos pilotos, as especificações dos Casos de Uso e os repositórios de KPIs resultantes fornecem uma base comum para a definição dos requisitos técnicos e da arquitetura iFAAP na Tarefa 2.5, para as atividades de gestão de dados e interoperabilidade no WP3, para o desenvolvimento dos serviços de previsão e otimização no WP4 e para as atividades de preparação dos pilotos, integração, prototipagem, testes, monitorização e avaliação de desempenho no WP5.

Abreviaturas

ARERA – Autoridade Reguladora Italiana para Energia, Redes e Ambiente
BESS – Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias
BRP – Parte Responsável pelo Equilíbrio
BSP – Prestador de Serviços de Equilíbrio
COP – Coeficiente de Desempenho
DAM – Mercado Diário
DER – Recursos Energéticos Distribuídos
DSF – Flexibilidade do Lado da Procura
DSO – Operador da Rede de Distribuição
EAF – Forno de Arco Elétrico
EMS – Sistema de Gestão de Energia
ESCO – Empresa de Serviços de Energia
ETL – Extração, Transformação e Carregamento
FOET – Tonelada Equivalente de Fuelóleo
HVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
iFAAP – Plataforma de Ativação e Agregação de Flexibilidade Industrial
KPI – Indicador-chave de desempenho
LF – Forno-panela
LFM – Mercado Local de Flexibilidade
MASE – Ministério Italiano do Ambiente e Segurança Energética
MLF – Mercado para Flexibilidade Local
MSD – Mercado de Serviços de Despacho
PS – Local Piloto
RES – Fontes de Energia Renovável
SAREF – Smart Applications REFerence Ontology
SCADA – Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados
SGAM – Modelo de Arquitetura de Rede Inteligente
SOC – Estado de Carga
TSO – Operador da Rede de Transporte
UC – Caso de Uso
UVA – Unidade Virtual Habilitada
UVAM – Unidade Virtual Mista Habilitada

Índice

Índice 7
1 INTRODUÇÃO 9
1.1 Propósito e Âmbito do Entregável 9
1.2 Contribuição para os Objetivos e Metas do WP2 9
1.3 Relação com Outras Tarefas e Pacotes de Trabalho LEONARDO 9
1.4 Estrutura do Entregável 10
2 Inquéritos aos Pilotos e Caracterização dos Locais Piloto 11
2.1 Abordagem, Âmbito e Estrutura dos Inquéritos aos Pilotos 11
2.2 Resultados dos Inquéritos aos Pilotos 11
2.2.1 Local Piloto #1: Resultados do Inquérito ao Piloto Italiano 11
2.2.2 Local Piloto #2: Resultados do Inquérito ao Piloto Austríaco 21
2.2.3 Local Piloto #3: Resultados do Inquérito ao Piloto Búlgaro-Grego 27
2.3 Perfis Consolidados dos Locais Piloto e Inventário de Flexibilidade 32
3 Modelação de Casos de Uso Específicos para Piloto 34
3.1 Abordagem e Estrutura de Modelação de Casos de Uso 34
3.2 Resultados de Modelação de Casos de Uso por Piloto 35
3.2.1 Local Piloto #1: Piloto Italiano 35
3.2.1.1 UC- IT-01 – Flexibilidade agregada a partir de cargas industriais distribuídas e recursos energéticos 37
3.2.1.2 UC-IT-02 – Operar no mercado nacional de equilíbrio 41
3.2.1.3 UC-IT-03 – Operar o mercado local de flexibilidade para a gestão da rede DSO 45
3.2.2 Local Piloto #2: Piloto Austríaco 50
3.2.2.1 UC-AT-01 – Explore Estratégias Diversificadas de Participação no Mercado de Energia na Áustria 51
3.2.2.2 UC-AT-02 – Design de Mercado de Flexibilidade ao Nível de Distribuição 55
3.2.2.3 UC-AT-03 – Coordenação de Flexibilidade Multinível 60
3.2.3 Local Piloto #3: Piloto Búlgaro-Grego 65
3.2.3.1 UC-BGGR-01 –Flexibilidade industrial búlgara agregada a nível nacional 67
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Flexibilidade industrial agregada transfronteiriça BG/GR 73
3.3 Registo Consolidado de Casos de Uso 78
4 Estrutura de Avaliação de Desempenho e KPI 81
4.1 Abordagem de Avaliação e Estrutura do Quadro 81
4.2 Repositório de KPI e Parâmetros de Monitorização 81
4.2.1 Local Piloto #1: Piloto Italiano 81

4.2.2 Local Piloto #2: Piloto Austríaco 85
4.2.3 Local Piloto #3: Piloto Búlgaro-Grego 87
4.3 Quadro Consolidado de Avaliação de Desempenho 89
5 Rastreabilidade e Utilização dos Resultados D2.2 92
5.1 Utilização de Resultados no T2.5 – Requisitos Técnicos e Plano Arquitetónico 92
5.2 Utilização de Resultados no WP3 – Gestão e Recolha de Dados 93
5.3 Utilização de Resultados em WP4 – Algoritmos e Serviços 94
5.4 Utilização dos Resultados no WP5 – Configuração do Piloto, Integração, Testes e Avaliação de Desempenho 94
Conclusões 96

1 INTRODUÇÃO

O Entregável D2.2 – UCs Específicos por Piloto e Definição do Quadro de Avaliação de Desempenho apresenta os resultados da Tarefa 2.3 – Inquéritos aos Pilotos e Cenários de Casos de Uso e da Tarefa 2.4 – Formulação do Quadro de Avaliação e KPIs.

O entregável consolida a informação específica do piloto recolhida no âmbito do LEONARDO, a modelação dos respetivos Casos de Uso (UCs) e a definição do quadro de avaliação de desempenho associado. Assim, fornece uma base comum para descrever os Locais Piloto individuais, os cenários relacionados com a flexibilidade a abordar no projeto e os indicadores a utilizar para a sua avaliação subsequente.

1.1 Propósito e Âmbito do Entregável

O objetivo deste entregável é fornecer uma representação harmonizada dos resultados gerados nas Tarefas 2.3 e 2.4 nos três Locais Piloto LEONARDO.

O documento abrange três elementos principais: a caracterização dos Locais Piloto e do seu potencial de flexibilidade, a modelação detalhada dos Casos de Uso específicos por piloto e a definição dos Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) específicos por piloto e por Caso de Uso, bem como do respetivo quadro de monitorização.

Em conjunto, estes elementos estabelecem o quadro de Casos de Uso específicos por piloto e de avaliação de desempenho previsto para o D2.2.

1.2 Contribuição para os Objetivos e Metas do WP2

WP2 – *Definir a base para fornecer serviços de mercado baseados na flexibilidade industrial que capitalizam inovações em EMS* estabelece a base para as atividades subsequentes de desenvolvimento, implementação e avaliação no âmbito do LEONARDO. Os seus objetivos incluem a definição de cenários de Casos de Uso e serviços específicos por piloto e o desenvolvimento de um quadro de monitorização e avaliação, juntamente com as outras bases técnicas, empresariais, regulatórias e arquitetónicas do projeto.

Neste âmbito geral, o D2.2 consolida os resultados das Tarefas 2.3 e 2.4, fornecendo as definições dos Casos de Uso específicos por piloto e o respetivo quadro de avaliação de desempenho. Estes resultados contribuem diretamente para o Marco 2 – *Quadro de avaliação e inquéritos aos pilotos disponíveis*, para o qual o D2.2 representa o meio de verificação definido.

1.3 Relação com Outras Tarefas e Pacotes de Trabalho LEONARDO

No WP2, a informação dos Locais Piloto e as definições de Casos de Uso desenvolvidas na Tarefa 2.3 fornecem contributos para a Tarefa 2.5 – Requisitos Técnicos e Planos Arquitetónicos, onde a arquitetura iFAAP do LEONARDO e o roteiro de integração são detalhados.

Os resultados das Tarefas 2.3 e 2.4 também fornecem contributos para os desenvolvimentos técnicos subsequentes nos WP3 e WP4. Além disso, os resultados dos Inquéritos aos Pilotos e dos Casos de Uso apoiam as atividades de preparação e testes dos Locais Piloto nas Tarefas 5.1 e 5.3, enquanto o quadro de avaliação de desempenho desenvolvido na Tarefa 2.4 suporta a definição da base de referência, os testes e a subsequente avaliação de desempenho nas Tarefas 5.1, 5.3 e 5.4.

A rastreabilidade entre os resultados do D2.2 e a sua utilização nas atividades subsequentes do LEONARDO é descrita mais detalhadamente no Capítulo 5.

1.4 Estrutura do Entregável

O entregável está estruturado em cinco capítulos principais:

O Capítulo 1 apresenta o propósito e o âmbito do D2.2, o seu contributo para o WP2 e a sua relação com as tarefas e Pacotes de Trabalho LEONARDO subsequentes.

O Capítulo 2 apresenta a abordagem dos Inquéritos aos Pilotos e a caracterização resultante dos três Locais Piloto do LEONARDO.

O Capítulo 3 apresenta a abordagem de modelação dos Casos de Uso específicos por piloto e as especificações de Casos de Uso resultantes.

O Capítulo 4 apresenta o quadro de avaliação de desempenho e de KPIs, incluindo os KPIs específicos por piloto e por Caso de Uso e os parâmetros de monitorização correspondentes.

O Capítulo 5 estabelece a ligação entre as características dos Locais Piloto, os Casos de Uso e os KPIs e descreve como os resultados do D2.2 são transpostos para as atividades subsequentes do LEONARDO.

2 Inquéritos aos Pilotos e Caracterização dos Locais Piloto

Este capítulo apresenta a abordagem e os resultados dos Inquéritos aos Pilotos realizados no âmbito da Tarefa 2.3. Os inquéritos fornecem uma base comum para caracterizar os três Locais Piloto do LEONARDO e as instalações industriais envolvidas, com especial foco na sua situação energética, tecnologias energéticas e ativos industriais existentes, recursos de flexibilidade disponíveis, disponibilidade de dados e condições operacionais relevantes. A informação resultante é consolidada em perfis harmonizados dos Locais Piloto nas secções seguintes.

2.1 Abordagem, Âmbito e Estrutura dos Inquéritos aos Pilotos

Foi desenvolvido um Modelo comum de Inquérito aos Pilotos para recolher e estruturar de forma consistente a informação de base dos três Locais Piloto do LEONARDO. O modelo foi concebido para fornecer uma visão suficientemente abrangente da situação atual nos locais industriais participantes, garantindo ao mesmo tempo que a informação recolhida é diretamente relevante para a identificação e avaliação posterior da flexibilidade industrial.

O inquérito abrange três áreas principais de informação. A primeira parte recolhe informações básicas do Local Piloto, incluindo consumo de energia, carga máxima e características do perfil de carga, ligação à rede e condições de controlo relevantes. A segunda parte identifica as tecnologias de geração e armazenamento existentes no local e documenta as suas principais características, a disponibilidade de dados e a potencial relevância para o LEONARDO. A terceira parte foca-se nos ativos e processos industriais flexíveis, incluindo as suas características energéticas, classificação de flexibilidade, dados e interfaces disponíveis, granularidade dos dados e restrições operacionais ou de processo relevantes.

Para suportar uma descrição consistente dos diferentes recursos de flexibilidade nos Locais Piloto, o modelo também aplica uma classificação comum de flexibilidade, que fornece informações relevantes para os desenvolvimentos no WP4.

O modelo de Inquérito aos Pilotos foi preenchido para cada Local Piloto e a informação submetida foi revista e harmonizada para garantir uma apresentação consistente entre os três pilotos. Os resultados consolidados do inquérito são apresentados nas secções seguintes.

2.2 Resultados dos Inquéritos aos Pilotos

Esta secção apresenta a informação recolhida para cada local piloto. Os resultados fornecem uma descrição factual da configuração de cada piloto, incluindo características energéticas, infraestrutura existente, geração e armazenamento no local, ativos e processos industriais, flexibilidade disponível e condições operacionais relevantes.

2.2.1 Local Piloto #1: Resultados do Inquérito ao Piloto Italiano

Visão geral do piloto e locais industriais envolvidos

O local piloto italiano cobre a área do município de Storo (TN), que é servida pelo operador da rede de distribuição (DSO) local, a CEDIS. A CEDIS é uma cooperativa hidroelétrica histórica e é regulada por um quadro legislativo único, que permite que estas cooperativas sejam simultaneamente produtoras e operadoras de rede no seu território. A CEDIS está, de facto, dividida em duas entidades: a primeira é o operador da rede e a segunda é a cooperativa energética, com mais de

3500 associados, composta por cidadãos e empresas locais, que beneficiam de preços de eletricidade mais baixos e de um consumo de energia 100% renovável. A cooperativa energética detém e opera 6 centrais hidroelétricas e 12 centrais fotovoltaicas, com uma geração renovável aproximada de 25 GWh/ano. O objetivo de desbloquear a flexibilidade industrial local é maximizar o consumo local da geração de fontes de energia renovável (RES) e minimizar as importações da rede nacional, melhorando ao mesmo tempo a gestão da rede e reduzindo problemas de congestionamento. A figura seguinte representa a área da CEDIS, com as linhas de MT, os postos de transformação MT/BT e as centrais hidroelétricas e fotovoltaicas.

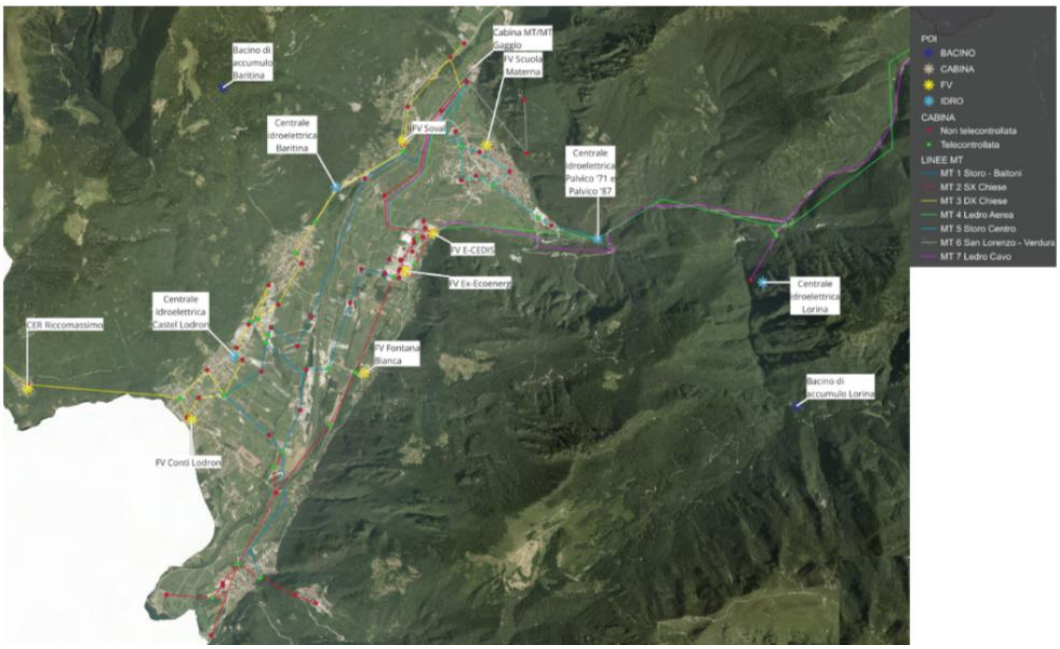


FIGURA 1: PILOTO #1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA CEDIS

Quanto aos parceiros industriais envolvidos nos testes de flexibilidade, existem três grandes intervenientes, todos localizados na mesma área industrial dentro do município:

- **Innova (+ Katana)**: Grande produtor industrial de bombas de calor, com várias linhas de produção de componentes, bombas de calor para aquecimento e arrefecimento de todas as áreas interiores, empilhadores elétricas e estações de carregamento para veículos elétricos, compressores e processos de pintura (a gás).
- **Poncial**: Empresa siderúrgica especializada em forjamento a quente e estampagem, com 3 linhas de estampagem de aço e uma linha de têmpera.
- **Polytec Energy**: Integrador de sistemas e empresa de engenharia especializada em automação industrial e na transição energética. A empresa desenvolve software de Sistema de Gestão de Energia (EMS), centrais de energia renovável e sistemas robóticos adaptados à indústria pesada, à indústria transformadora e à logística. O local participa na ativação da flexibilidade com um novo eletrolisador de 1 MW e 2 sistemas de armazenamento em baterias, apoiados por uma produção fotovoltaica local significativa.

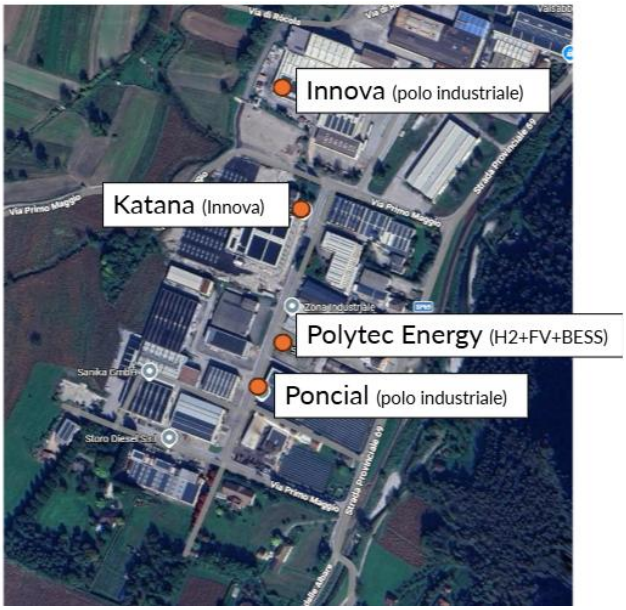


FIGURA 2: PILOTO #1 - PARCEIROS INDUSTRIAIS E PRINCIPAIS PARTES INTERESSADAS

No âmbito das atividades do WP2, foi realizado um inquérito que mapeou os ativos de cada parte interessada, com o objetivo de analisar dados técnicos como capacidades, valores e padrões de produção/consumo, e de os categorizar por arquétipo, ou seja, determinar se pode ser oferecido algum serviço de flexibilidade/regulação e de que tipo. Os resultados deste inquérito são apresentados nas subsecções seguintes.

Dados básicos do piloto

Uma vez que o local piloto é composto por quatro partes interessadas diferentes, mas interligadas, as estatísticas gerais de energia são apresentadas abaixo para cada uma delas.

A CEDIS pode contribuir para a flexibilidade na sua própria rede de duas formas: primeiro, enquanto produtor, regulando a sua produção hidroelétrica, uma vez que duas centrais dispõem de reservatório de água e podem, portanto, modular a sua produção; segundo, enquanto operador da rede, ativando um mercado local de flexibilidade, que pode ser implementado como um mercado totalmente aberto ou através de acordos bilaterais de flexibilidade com grandes consumidores, como a Innova.

No entanto, é fundamental ter uma visão adequada do sistema da área piloto no seu conjunto, com as suas particularidades geográficas e restrições da rede. Na rede da CEDIS, um dia típico de consumo segue a conhecida "curva de pato", com as horas de pico de consumo a ocorrerem cedo de manhã e no final da tarde/início da noite. Em todo o caso, a variabilidade global da carga pode ser definida como "elevada", embora se reconheça que o consumo global da rede segue um determinado padrão que pode ser, até certo ponto, previsto. Está atualmente a ser desenvolvido e implementado um sistema EMS completo que supervisiona toda a rede de distribuição, com entrada em funcionamento prevista antes do final de 2026. Toda a rede está ligada à rede nacional através de uma subestação de 15 MW, com um transformador de reserva de igual potência. Naturalmente, os seus limites operacionais estão estritamente associados à satisfação da procura dos utilizadores.

TABELA 1: PILOTO #1 – DADOS BÁSICOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Consumo [MWh/a]	Carga Máxima [MW]	Horário de pico	Variabilidade da Carga	Limite de Ligação [MW]	EMS disponível
28 413	7,177	Dia	Elevada	15	Em breve

No que diz respeito aos utilizadores industriais, cada uma das três indústrias apresenta as suas próprias particularidades. **As linhas de produção da** Innova operam em dois turnos de trabalho (6-14h e 14-22h), com um pico de manhã por volta das 9-10h, mantendo-se depois constante e ligeiramente mais baixo durante o segundo turno, quando nem todas as linhas de produção estão ativas. O pico corresponde a cerca do dobro da carga de base, mas o padrão de consumo é regular ao longo do ano. Embora seja possível aplicar alguma flexibilidade a certas cargas, as principais linhas de produção estão limitadas a operar durante os turnos programados. Durante a primeira parte de 2026, a Innova instalou um grande número de contadores inteligentes ligados ao EMS para monitorizar melhor o consumo nas diferentes linhas e edifícios/escritórios, incluindo o consumo das bombas de calor para HVAC. Isto permite uma melhor monitorização em tempo real de todos os processos da indústria, possibilitando intervir com medidas de eficiência quando necessário, com o objetivo futuro de articular as previsões de consumo com os preços de mercado e otimizar as operações.

A Poncial é servida por 3 pontos de ligação MT diferentes. O consumo de pico, visto da perspetiva da rede (excluindo, portanto, o autoconsumo fotovoltaico), é de 1250 kW e ocorre durante o horário de trabalho (6h-18h). O consumo a partir da rede apresenta, ainda assim, grande variabilidade, com dias em que o pico é cerca de 50% do pico anual e flutuações de 200-300 kW durante o horário de trabalho. O consumo anual a partir da rede foi de 3151 MWh em 2025.

A Polytec, por outro lado, não é uma indústria típica com perfil estável e produção constante. Uma vez que ainda não iniciou as suas operações, toda a carga consistirá num único eletrolisador, cuja produção seguirá tanto a procura de hidrogénio (ainda por confirmar) como, sobretudo, a produção das centrais fotovoltaicas da Polytec. Espera-se, portanto, que o perfil de carga apresente uma variabilidade muito elevada, podendo atingir a capacidade total do eletrolisador. Tratando-se de uma central nova, todo o sistema integrado de hidrogénio, armazenamento em baterias e fotovoltaico (H2-BESS-PV) está equipado com um EMS que permite monitorização em tempo real e regulação fina, também em função dos preços da eletricidade da rede e de potenciais iniciativas comerciais. Na tabela seguinte, a disponibilidade do EMS é indicada como "Em breve", uma vez que toda a central está atualmente em fase de conclusão, mas ainda não está operacional.

TABELA 2: PILOTO #1 – DADOS BÁSICOS DOS LOCAIS INDUSTRIAIS

	Consumo [MWh/a]	Carga Máxima [MW]	Horário de pico	Variabilidade da Carga	Limite de Ligação [MW]	EMS disponível
Innova	1 155	0,3	Dia	Elevada	MT 1,08	Sim
Poncial	3 151	1,292	Dia	Elevada	MT 1,44	Em breve

Polytec	4 731	1	Dia	Elevada	MT 1,2	Em breve

Tecnologias de geração e armazenamento no local

No que diz respeito às tecnologias de geração no local, a CEDIS traz um vasto portefólio de ativos, incluindo fotovoltaico (acumulado de 2,146 MW), hidroelétrica a fio de água (acumulado de 3,816 MW) e hidroelétrica com reservatório (acumulado de 1,35 MW com reservatório de 4,4 MWh). Adicionalmente, a CEDIS detém e opera centrais fotovoltaicas (agregadas de 1,503 MW) e uma central hidroelétrica a fio de água (RoR) (0,88 MW) fora da sua própria rede, e contabiliza a sua produção através de mecanismos de comercialização.

No que diz respeito à Innova, estão ativas duas centrais fotovoltaicas instaladas na cobertura, com uma capacidade total de 1 MW, com dados históricos e EMS ligados e acessíveis. No que diz respeito às tecnologias de armazenamento, a Innova possui um armazenamento térmico em grande escala em reservatórios de água de combate a incêndios, carregado por bomba de calor, que representa 3,5 MWh térmicos (assumindo um COP de 3, corresponde a cerca de 1,15 MWh elétricos).

A Poncial, por sua vez, tem duas centrais fotovoltaicas montadas no telhado, com uma capacidade total de 300 kW. Os dados históricos de contadores inteligentes estão apenas parcialmente disponíveis e não estão desagregados por ativo, mas a indústria está atualmente (setembro de 2026) a instalar novos contadores inteligentes e a implementar um novo sistema EMS.

A Polytec traz para o projeto um sistema mais complexo, representado na imagem seguinte. Inclui quatro centrais fotovoltaicas, duas das quais associadas a sistemas de armazenamento em baterias. Além disso, existem duas centrais fotovoltaicas adicionais e uma BESS localizadas fora da rede CEDIS, contabilizadas através de mecanismos de comercialização. No total, a capacidade fotovoltaica na rede é de 3,527 MW, juntamente com um armazenamento acumulado de 5,08 MWh, com os ativos fora da rede local a contribuírem com 1,2 MW fotovoltaicos adicionais e 1,075 MWh de BESS. Por fim, o sistema da Polytec terá também dois tanques de armazenamento de hidrogénio, totalizando uma capacidade de 190 kg de H2. Este é um armazenamento químico e, dependendo do sistema de conversão utilizado, poderá ser usado para fornecer produção adicional de eletricidade nessa área da rede (por exemplo, com pilhas de combustível, 15-18 kWh/kg; com turbina a gás, 10-14 kWh/kg). Todos os componentes do sistema da Polytec entraram recentemente em serviço e o acesso e a disponibilidade dos dados são garantidos pelo EMS.

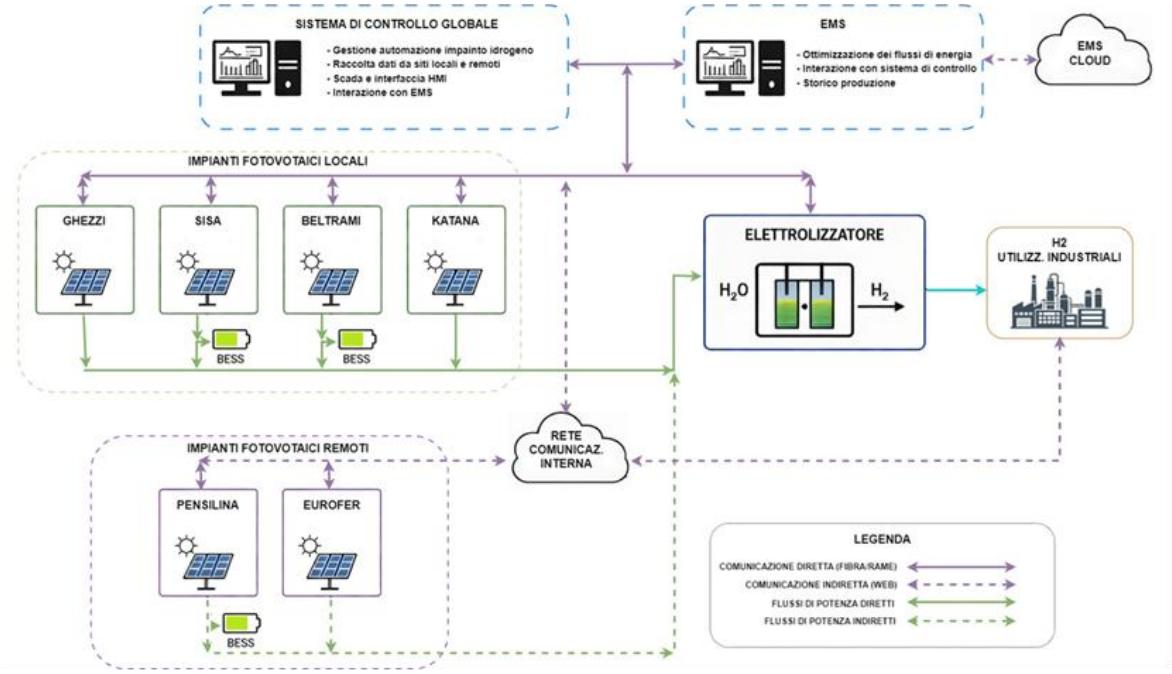


FIGURA 3: PILOTO #1 – VISÃO GERAL DO SISTEMA ENERGÉTICO DA POLYTEC

TABELA 1: PILOTO #1 - TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO NO LOCAL

ID Técnico	Tecnologia	Capacidade instalada	Envolvido no LEONARDO?	Classificação de flexibilidade	Disponibilidade de dados	Acesso a dados
1	PV CEDIS na rede	2,146 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
2	PV remoto CEDIS	1,503 MW	Não	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
3	Hídrica RoR CEDIS	3,816 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS

4	Armazenamento Hidroelétrico CEDIS Lorina	1 MW 3,3 MWh	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração despachável B - Armazenamento implícito ou explícito - Armazenamento intermédio de materiais	Sim	SCADA/EMS
5	Armazenamento Hidroelétrico CEDIS Baritina	0,35 MW 1,1 MWh	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração despachável B - Armazenamento implícito ou explícito - Armazenamento intermédio de materiais	Sim	SCADA/EMS
6	Hídrica RoR remota CEDIS	0,880 MW	Não	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
7	Innova PV	0,43 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
8	Katana PV	0,56 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
9	Reservatório de incêndio Innova	3,5 MWhth	Sim	B - Armazenamento implícito ou explícito –	Sim	SCADA/EMS

				Armazenamento de Calor		
10	PV Polytec na rede	3,527 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
11	BESS Polytec na rede	5,08 MWh	Sim	B - Armazenamento implícito ou explícito - Armazenamento de Energia em Baterias	Sim	SCADA/EMS
12	PV remoto Polytec	1,2 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Sim	SCADA/EMS
13	BESS remoto Polytec	1,075 MWh	Sim	B - Armazenamento implícito ou explícito – Armazenamento de Energia em Baterias	Sim	SCADA/EMS
14	Armazenamento Polytec H2	190 kg H2	Sim	B - Armazenamento implícito ou explícito - Armazenamento intermédio de materiais	Sim	SCADA/EMS
15	Poncial PV	0,3 MW	Sim	C - Geração de eletricidade no local - Geração não despachável (RES)	Parcial	SCADA/EMS

Ativos e processos industriais flexíveis

Por fim, o inquérito avaliou os ativos de consumo final, definindo as suas principais características (carga de pico, consumo anual) e classificando-os pelo nível de flexibilidade que podem proporcionar.

A CEDIS, sendo operadora de rede e produtora de energia renovável, não possui ativos industriais a incluir nesta secção.

Por outro lado, a Innova tem vários processos que foram mapeados durante as atividades do projeto. Infelizmente, é improvável que as principais linhas e processos de produção sejam envolvidos em qualquer cenário de flexibilidade, pois a restrição imposta pelos turnos de trabalho é demasiado rígida. No entanto, a indústria tem uma longa lista de ativos auxiliares que se enquadram perfeitamente no quadro de flexibilidade. Estão instaladas estações de carregamento de VE de dois tipos diferentes, para que os funcionários possam carregar os seus veículos durante o horário de trabalho, sendo que um tipo permite modular a potência de saída, enquanto o outro funciona apenas em modo ligado/desligado. Existe ainda um grande número de bombas de calor (HP) para HVAC interior e uma outra que carrega um grande reservatório térmico interno. Estas bombas de calor podem ser facilmente moduladas entre 30% e 100% da sua capacidade nominal, sendo a única outra restrição manter o conforto térmico interior dos trabalhadores.

A Poncial é servida por 3 pontos de ligação MT diferentes e opera 3 Fornos de Indução de aço (400 kW, 800 kW, 400 kW) e uma linha de têmpera (203,7 kW). Não foi possível avaliar em detalhe o nível de flexibilidade que estes ativos poderiam garantir, mas os Fornos de Indução permitem uma modulação rápida e significativa (em segundos/minutos), com uma inércia térmica que pode ser explorada por curtos períodos de tempo (5-15 minutos) sem comprometer a qualidade dos produtos. Para o forno da linha de têmpera (200 kW), este intervalo de tempo pode ser alargado até uma hora. Ao mesmo tempo, não foi possível caracterizar em detalhe outros processos como serras, decapagem por jato de areia, máquinas de corte e uma estação de carregamento de empilhadores, mas a indústria está atualmente a instalar mais contadores inteligentes e um EMS centralizado, e estes ativos serão incluídos em análises futuras.

Por fim, todos os ativos da Polytec têm um potencial de flexibilidade relevante. O eletrolisador pode ser deslocado no tempo e ajustado em potência, com algumas restrições operacionais, como um número limitado de ciclos de ligar/desligar por dia e um tempo de rampa de subida/descida da potência de cerca de 20 minutos. Além disso, o eletrolisador só produzirá quando a energia vier diretamente das centrais fotovoltaicas da Polytec ou dos sistemas BESS associados, excluindo a possibilidade de consumir diretamente da rede.

TABELA 4: PILOTO #1 - ATIVOS E PROCESSOS INDUSTRIAIS FLEXÍVEIS

ID de Ativo	Ativo ou processo	Carga máxima e período de ocorrência	Classificação de flexibilidade	Disponibilidade de dados	Interface/fonte de acesso a dados	Granularidade	Principais restrições
1	Carregadores de VE Innova (modulável)	132 kW durante o dia	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência ajustável	Sim	SCADA/ EMS	15 min	Os trabalhadores carregam os carros durante os turnos de trabalho
2	Carregadores de VE Innova (ligado/desligado)	220 kW durante o dia	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência fixa	Sim	SCADA/ EMS	15 min	Os trabalhadores carregam os carros durante os turnos de trabalho
3	HP do reservatório de incêndio Innova	12 kW - Flexível	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência ajustável	Não	SCADA/ EMS	15 min	1) Nível mínimo de carga do depósito 2) 30% de carga mínima
4	Várias HP de HVAC Innova	259 kW, durante os turnos	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência ajustável	Para a maioria dos edifícios, sim	SCADA/ EMS	15 min	1) Conforto térmico interior 2) 30% de carga mínima
5	Eletrolisador Polytec	1 MW, dia	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência ajustável	Dados atuais disponíveis; dados históricos ainda não disponíveis	SCADA/ EMS	15 min	1) Número limitado de ciclos ligar/desligar 2) tempo de rampa de subida/descida da potência = 20 min

6	BESS Polytec na rede	2,4 MW flexível	Armazenamento Explícito - B - BESS	Dados atuais disponíveis; dados históricos ainda não disponíveis	SCADA/ EMS	15 min	
7	BESS remoto Polytec	0,5 MW flexível	Armazenamento Explícito - B - BESS	Dados atuais disponíveis; dados históricos ainda não disponíveis	SCADA/ EMS	15 min	
8	Fornos de estampagem Poncial	1,6 MW	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência ajustável	Outubro de 2026 - Sem dados históricos	SCADA/ EMS	15 min	1) Ciclos ligar/desligar limitados 2) Duração máxima de modulação <15 min
9	Forno de Têmpera Poncial	0,2 MW	A - Processo reescalonável – Processo interruptível de potência ajustável	Outubro de 2026; Sem dados históricos disponíveis	SCADA/ EMS	15 min	1) Ciclos ligar/desligar limitados 2) Duração máxima de modulação <1 h

2.2.2 Local Piloto #2: Resultados do Inquérito ao Piloto Austríaco

Visão geral do piloto e locais industriais envolvidos

O piloto austríaco está localizado no sudeste da Estíria e abrange os dois locais industriais Gsellmann Mischfuttererzeugung e Fleischhof Raabtal, que apresentam processos de produção e perfis de consumo energético diferentes. A EEE coordena o piloto austríaco. A EVON atua como plataforma central de dados do piloto e fornece acesso aos dados industriais através dos sistemas instalados nos dois locais. Isto facilita a recolha e interpretação de dados energéticos e de processo e apoia uma melhor compreensão das lógicas operacionais e de controlo existentes.

A Gsellmann atua no setor da produção de rações. As suas atividades incluem receção de cereais, secagem, moagem, laminagem, prensagem, mistura, transporte e armazenamento em silos. O consumo de eletricidade é determinado em grande medida por motores e equipamentos de produção operados em processos contínuos e em lote. A disponibilidade de armazenamento

intermédio no sistema de produção permite que certas etapas de processamento sejam reprogramadas dentro dos limites do plano de produção.

A Fleischhof Raabtal opera no setor de processamento de carne, com atividades que incluem abate, corte e processamento de carne, refrigeração, armazenamento a frio e operação de áreas de trabalho com temperatura controlada. O seu perfil elétrico é fortemente influenciado pela procura contínua de arrefecimento. A flexibilidade potencial depende, portanto, principalmente da inércia térmica dos espaços refrigerados e da possibilidade de ajustar temporariamente a operação de arrefecimento, mantendo as temperaturas exigidas, os padrões de higiene e as condições de segurança alimentar.

Os resultados do inquérito fornecem uma visão harmonizada da situação energética, ligação à rede, sistemas de gestão energética, tecnologias de geração e armazenamento no local, e ativos industriais potencialmente flexíveis em ambos os locais. A informação é apresentada separadamente para cada local industrial. Dados adicionais de energia e operacionais fornecidos pelas duas empresas complementam os resultados do inquérito. Valores confirmados, estimativas e informações que requerem especificações adicionais são claramente distinguidos ao longo da secção.

Dados básicos do piloto

- **Consumo de energia:** Gsellmann tem um consumo total anual de eletricidade de aproximadamente 3.700 MWh. Devido à eletricidade gerada pelas instalações fotovoltaicas no local, a eletricidade anual importada da rede pública é de aproximadamente 2.371 MWh. O local tem também um consumo anual de calor de aproximadamente 7.000 MWh, principalmente necessário sob a forma de vapor de processo para produção de rações. Fleischhof Raabtal tem um consumo total anual de eletricidade de aproximadamente 5.800 MWh. As suas instalações fotovoltaicas no local cobrem parte desta procura, reduzindo a eletricidade anual adquirida da rede pública para aproximadamente 4.260 MWh. O consumo anual de calor do local é de aproximadamente 3.499 MWh e está associado às necessidades térmicas do processamento de carne e operações relacionadas.
- **Carga máxima e perfil de carga:** Na Gsellmann, os picos de carga elétrica de curta duração atingem até 1.500 kW. A carga elétrica é mais elevada durante a produção diurna e varia consideravelmente consoante o funcionamento dos moinhos, rolos e prensas incluídos no calendário de produção. Na Fleischhof Raabtal, o perfil de carga caracteriza-se por uma carga de base contínua associada à refrigeração, combinada com cargas variáveis provenientes das atividades de processamento de carne e das áreas de trabalho com controlo de temperatura. As cargas de pico ocorrem geralmente durante a operação diurna.
- **Ligação à rede:** A Gsellmann está ligada à rede de média tensão com uma capacidade de ligação contratada de 1.300 kW. Esta capacidade define o limite regular para o fornecimento de eletricidade da rede pública. Na Fleischhof Raabtal, a ligação à rede satisfaz a procura de eletricidade não coberta pela geração fotovoltaica no local e permite a exportação do excedente de eletricidade fotovoltaica. O local opera também sete estações de carregamento AC, cada uma equipada com dois pontos de carregamento de 11 kW, e uma estação de carregamento DC com dois pontos de carregamento de 25 kW. Isto corresponde a 16 pontos de carregamento com uma capacidade total instalada de 204 kW.
- **Restrições operacionais:** Na Gsellmann, a operação flexível é limitada pelo limite de procura contratado, calendários de produção, encomendas dos clientes e a continuidade necessária

do processo de produção. Na Fleischhof Raabtal, limites de temperatura, requisitos contínuos da cadeia de frio, normas de higiene e cronogramas de processamento de carne restringem ajustes à refrigeração e outras cargas relacionadas com a produção.

- **Gestão e controlo de energia:** São utilizados sistemas de gestão de energia em ambos os locais industriais para monitorizar o consumo de energia e as condições de processo relevantes. Na Gsellmann, o sistema suporta também a gestão de carga ao nível do local, com base em prioridades pré-definidas para os ativos de produção ligados. Estão disponíveis dados energéticos e operacionais para os moinhos e prensas inquiridos. Na Fleischhof Raabtal, estão disponíveis dados de energia e temperatura para os ativos de refrigeração inquiridos. Os sistemas EVON estão instalados em ambos os locais e fornecem a interface de dados para o piloto austríaco, disponibilizando dados relevantes de energia e de processo, bem como informação sobre a lógica de controlo existente no local para as análises do LEONARDO.

Tecnologias de geração e armazenamento no local

Ambos os locais industriais dispõem de geração fotovoltaica no local. A Gsellmann opera duas instalações fotovoltaicas de 1.500 kWp cada, o que resulta numa capacidade instalada combinada de 3.000 kWp. A geração anual de eletricidade das instalações é de aproximadamente 2.799 MWh, dos quais aproximadamente 1.339 MWh são injetados na rede.

A Gsellmann instalou também um sistema de armazenamento de energia em baterias com uma capacidade de 6 MWh. A entrada em funcionamento da bateria está prevista para 2026.

A Fleischhof Raabtal opera instalações fotovoltaicas com uma capacidade instalada total de 1.757 kWp. A geração anual de eletricidade das instalações é de aproximadamente 1.810 MWh, dos quais aproximadamente 118 MWh são injetados na rede.

Está planeada uma nova extensão das instalações fotovoltaicas em aproximadamente 250 a 300 kWp. O local está também a considerar a futura instalação de um sistema de armazenamento em baterias.

TABELA 4: PILOTO #2 - TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO NO LOCAL

ID de Tecnologia	Tecnologia	Capacidade instalada	Envolvido no LEONARDO?	Classificação de flexibilidade	Disponibilidade de dados	Acesso a dados
GS-PV1	PV – Gsellmann	1.500 kWp	Sim	Geração de eletricidade no local; Classe C; Geração não despachável (RES)	Dados atuais e históricos disponíveis	Sistema de gestão energética instalado
GS-PV2	PV – Gsellmann	1.500 kWp	Sim	Geração de eletricidade no local; Classe C; Geração	Dados atuais e	Sistema de gestão

				não despachável (RES)	históricos disponíveis	energética instalado
GS-BESS1	Armazenamento de energia em baterias – Gsellmann	6 MWh	Sim	Armazenamento implícito ou explícito; Classe B; Armazenamento de energia em baterias	Atualmente não existem dados operacionais disponíveis	O acesso através do sistema instalado está previsto após a entrada em funcionamento
FR-PV1	PV – Fleischhof Raabtal	1.757 kWp	Sim	Geração de eletricidade no local; Classe C; Geração não despachável (RES)	Dados atuais e históricos disponíveis	Sistema instalado / exportação de dados

Ativos e processos industriais flexíveis

Os dois locais industriais têm perfis de flexibilidade fundamentalmente diferentes. Na Gsellmann, a flexibilidade já é utilizada internamente para limitar a procura máxima na rede e manter a carga do local dentro da capacidade de ligação à rede contratada de 1.300 kW. O sistema de gestão de carga existente segue uma sequência de prioridades pré-definida. Quando a carga do local se aproxima do limite de ligação, os moinhos selecionados podem primeiro passar de operação em carga para operação em vazio e posteriormente ser desligados, caso seja necessária uma redução adicional de carga.

As opções operacionais disponíveis dependem do tipo de ativo. Moinhos e rolos podem operar em carga, continuar a funcionar em vazio ou ser desligados. As prensas de cereais não têm modo de funcionamento em vazio e, por isso, podem apenas continuar a produção ou ser desligadas. O inventário de flexibilidade foca-se nos ativos de produção integrados no sistema de gestão de carga existente.

A Gsellmann opera com prazos de produção curtos e pode ajustar a sequência das ordens de produção no mesmo dia. A flexibilidade adicional mais realista reside, portanto, em transferir etapas individuais de produção num período de várias horas, por exemplo, para períodos com geração fotovoltaica mais elevada ou preços de eletricidade mais favoráveis. Os requisitos de produção e as prioridades do cliente continuam a ser as restrições determinantes.

Na Fleischhof Raabtal, a refrigeração e o armazenamento frigorífico representam os principais processos relevantes para a flexibilidade. Os ativos de refrigeração relevantes incluem câmaras de congelados e de refrigeração e uma sala de trabalho com controlo de temperatura.

A câmara de congelados opera entre 40 e 130 kW e tem um consumo anual de eletricidade de aproximadamente 456 MWh. A sua temperatura deve manter-se a −18 °C ou abaixo. A câmara de refrigeração opera entre 10 e 85 kW e tem um consumo anual de eletricidade de aproximadamente 277 MWh. A sua temperatura-alvo é de +2 °C. A sala de trabalho com controlo de temperatura deve

manter-se entre 8 °C e 12 °C. Os níveis mínimos de funcionamento refletem o funcionamento quase contínuo de partes dos sistemas de refrigeração.

A flexibilidade potencial resulta do ajuste da operação de arrefecimento dentro dos limites permitidos de temperatura e da utilização da inércia térmica das áreas refrigeradas. O pré-arrefecimento preditivo pode deslocar parte da procura de arrefecimento em resposta aos preços da eletricidade e às condições meteorológicas. O ajuste de temperatura permitido, a duração da redução da carga e a subsequente procura de recuperação ainda precisam de ser confirmados com o local.

Para ambos os locais, as capacidades instaladas e os intervalos de operação não correspondem diretamente à flexibilidade disponível em todos os momentos. A flexibilidade disponível num período específico depende do estado da produção, das prioridades existentes de gestão de carga, dos limites de temperatura e da duração durante a qual um ajuste pode ser mantido. Estes parâmetros serão avaliados adicionalmente com base nos dados operacionais disponíveis.

TABELA 2: PILOTO #2 - ATIVOS E PROCESSOS INDUSTRIAIS FLEXÍVEIS

ID de Ativo	Ativo ou processo	Carga máxima e período de ocorrência	Classificação de flexibilidade	Disponibilidade de dados	Interface/fonte de acesso a dados	Granularidade	Principais restrições
GS-A1	Moinho de cereais 3.01 – Gsellmann	140 kW, dia; funcionamento em vazio a 20 kW	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 min	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-A2	Moinho de cereais 3.02 – Gsellmann	80 kW, dia; funcionamento em vazio a 10 kW	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 min	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-A3	Rolo 3.01 – Gsellmann	30 kW, dia; funcionamento em vazio a 10 kW	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	Não reportado	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-A4	Prensa de cereais 4.01 – Gsellmann	100 kW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais	15 min	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção

					frequente em preparação		
GS-A5	Prensa de cereais 5.01 – Gsellmann	80 kW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 min	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-A6	Prensa de cereais 6.01 – Gsellmann	100 kW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 min	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-B1	Moinho de cereais 310 – Gsellmann	170 kW, dia; funcionamento em vazio a 30 kW	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 min	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-B2	Rolo 310 – Gsellmann	25 kW, dia; funcionamento em vazio a 15 kW	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 minutos indicados no inquérito	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-B3	Prensa de cereais 1 – Gsellmann	110 kW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 minutos indicados no inquérito	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
GS-B4	Prensa de cereais 2 – Gsellmann	110 kW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Dados atuais disponíveis, sem dados históricos	Exportação via EVON; fornecimento de dados mais frequente em preparação	15 minutos indicados no inquérito	Contrato de fornecimento de eletricidade; plano de produção
FR-A1	Câmara de congelados – Fleischhof Raabtal	40–130 kW, dia; 456 MWh em 2025	Processo reescalonável (A): Processo interruptível,	Dados atuais e históricos disponíveis	Sistema instalado via EVON, ligação	15 min	A temperatura deve manter-se a −18 °C ou abaixo

			de potência ajustável		de dados regular em preparação		
FR-A2	Câmara de refrigeração – Fleischhof Raabtal	10–85 kW, dia; 277 MWh em 2025	Processo reescalonável (A): Processo interruptível, de potência ajustável	Dados atuais e históricos disponíveis	Sistema instalado via EVON, ligação de dados regular em preparação	15 min	Temperatura alvo +2°C
FR-A3	Sala de trabalho com controlo de temperatura – Fleischhof Raabtal	Capacidade e carga máxima não reportadas; dia	Processo reescalonável (A): Processo interruptível, de potência ajustável	Dados atuais e históricos disponíveis	Sistema instalado via EVON, ligação de dados regular em preparação	15 min	A temperatura deve manter-se entre 8°C e 12°C

2.2.3 Local Piloto #3: Resultados do Inquérito ao Piloto Búlgaro-Grego

Visão geral do piloto e locais industriais envolvidos

O piloto búlgaro-grego é um piloto transnacional que abrange duas áreas de equilíbrio interligadas: a zona de equilíbrio de Sófia, operada pelo TSO búlgaro ESO, e a área de Salónica, operada pelo TSO grego IPTO. As duas áreas estão ligadas pela interligação transfronteiriça de transporte Bulgária–Grécia. O inquérito abrange os dois locais industriais do piloto, um de cada lado da fronteira: o cluster industrial búlgaro que compreende a STOMANA Industry, a SofiaMed e a ETEM Gestamp, e o Complexo Industrial de Salónica da HELLENiQ ENERGY, na Grécia. A UPAT atua como coordenadora do piloto em ambos os lados.

A STOMANA Industry é um fabricante de aço cuja fábrica compreende quatro áreas de produção principais (aciaria, laminador de chapas, laminador e moinho de bolas) e que está entre os cinco maiores consumidores de eletricidade da Bulgária. No âmbito do piloto, a STOMANA atua também como agregador de flexibilidade para o cluster industrial búlgaro que lidera. Participa diretamente nos mercados diário e intradiário da Bulgária, operados pela IBEX, atuando como a sua própria Parte Responsável pelo Equilíbrio. A SofiaMed opera processos de fundição, laminagem e extrusão de cobre, abrangendo etapas desde a fusão e vazamento de cobre e ligas de cobre até à conformação do material através de laminagem e extrusão. A ETEM Gestamp está centrada na extrusão de alumínio e nas atividades de processamento a jusante relacionadas, dispondo também de uma instalação fotovoltaica no local.

O Complexo Industrial de Salónica da HELLENiQ ENERGY é uma refinaria do tipo hydroskimming que opera um processo contínuo de refinação, que começa com a destilação do crude e continua com o processamento secundário e o hidrotratamento, juntamente com a produção petroquímica associada, nomeadamente uma linha de polipropileno. Está ligada à rede de transporte do IPTO e participa nos mercados de energia grego diário e intradiário operados pela HEnEx através de um agregador.

Os dois locais representam setores industriais contrastantes (produção de aço em forno de arco elétrico, processamento de cobre e alumínio e refinação de petróleo) e, como mostram as subsecções seguintes, dois perfis de flexibilidade fundamentalmente diferentes. Foram recebidos os inquéritos completos dos quatro locais industriais, que abrangem os dados básicos do piloto, as tecnologias de geração e armazenamento no local e os ativos e processos industriais flexíveis. Os resultados abaixo reportam a informação exatamente conforme foi devolvida; quando um valor não foi reportado ou não é aplicável, tal é indicado explicitamente.

Dados básicos do piloto

- **Consumo de energia:** Os valores reportados referem-se aos locais industriais individuais e não ao piloto como um todo. A STOMANA reporta um consumo anual de eletricidade de 412.576 MWh, sem consumo de calor registado. A SofiaMed reporta um consumo de eletricidade de 85.453,53 MWh/ano, enquanto a ETEM Gestamp reporta 25.600 MWh/ano, sem qualquer valor de consumo de calor reportado em nenhum dos dois locais.
- A HELLENiQ reporta um consumo anual de eletricidade de 227.493 MWh e um consumo anual de calor de 146.765,5 FOET, equivalente a 1.640.581 MWh, o que reflete a natureza intensiva em combustível do processo de refinação.
- **Carga de pico e perfil de carga:** A STOMANA reporta uma carga elétrica máxima de 115 MW, a SofiaMed 15,4 MW, a ETEM Gestamp 5,5 MW e a HELLENiQ 31,3 MW. Todos os locais reportam a procura máxima durante o dia. A STOMANA, a ETEM Gestamp e a HELLENiQ reportam baixa variabilidade de carga, enquanto a SofiaMed reporta elevada variabilidade de carga.
- **Ligação à rede:** Os locais participantes estão ligados a diferentes níveis de tensão. A STOMANA está ligada à muito alta tensão (acima de 150 kV), com uma capacidade de ligação reportada de 200 MVA e 180 MVA para cada uma das duas linhas. A SofiaMed está ligada à alta tensão, com alimentação a 110 kV. A ETEM Gestamp reporta um nível de transformação de 20/0,4 kV na sua infraestrutura elétrica. A HELLENiQ está ligada à alta tensão (36–150 kV), com uma capacidade de ligação reportada de 89 MVA para cada uma das duas linhas. A infraestrutura elétrica reportada é consistente com a orientação para o TSO dos Casos de Uso do piloto.
- **Restrições operacionais:** Ambos os lados reportam restrições operacionais e, em ambos os casos, a restrição é do tipo calendarização da produção. Nenhum dos locais reportou um limite de procura ou um limite de injeção.
- **Gestão e controlo de energia:** Ambos os lados reportam um EMS disponível, utilizado a nível industrial. A STOMANA e a ETEM Gestamp operam sistemas EMS da Schneider Electric, a SofiaMed reporta um EMS disponível e a HELLENiQ opera os EMS Powernet e Protasis Zenon. Atualmente, os dados de processo são obtidos em ambos os lados por exportação manual. A bateria da STOMANA é acessível através de uma interface SCADA/EMS, tal como a instalação fotovoltaica da ETEM Gestamp.

Tecnologias de geração e armazenamento no local

O inquérito identificou duas tecnologias energéticas no local no piloto: um sistema de armazenamento de energia em baterias de 0,2 MWh na STOMANA e 4 MW de geração fotovoltaica na ETEM Gestamp. A bateria da STOMANA está incluída nas atividades do LEONARDO e é acessível

através de uma interface SCADA/EMS, enquanto a instalação fotovoltaica é monitorizada através da sua infraestrutura EMS/SCADA. A STOMANA reportou não dispor de instalações fotovoltaicas, hidroelétricas, de cogeração, eólicas ou de hidrogénio, e a HELLENiQ respondeu "não aplicável" a todas as categorias, o que significa que não existe geração nem armazenamento no local grego.

Esta é uma característica definidora do piloto búlgaro-grego e distingue-o dos outros dois pilotos do LEONARDO: sem recursos energéticos distribuídos significativos em nenhum dos lados, a flexibilidade deste piloto assenta quase inteiramente nos próprios processos industriais, e não em ativos de geração ou armazenamento. A bateria de 0,2 MWh é demasiado pequena face às cargas de pico dos locais, de 115 MW e 31,3 MW, para contribuir materialmente para a participação no mercado, sendo por isso relevante sobretudo como ponto de referência para o acesso a dados e a integração do controlo. A instalação fotovoltaica de 4 MW não altera materialmente esta caracterização, pois a sua escala é limitada face à procura industrial do cluster e o seu contributo é sobretudo enquanto gerador local, e não enquanto recurso flexível relevante.

TABELA 3: PILOTO #3 - TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO NO LOCAL

ID de Tecnologia	Tecnologia	Capacidade instalada	Envolvido no LEONARDO?	Classificação de flexibilidade	Disponibilidade de dados	Acesso a dados
Bat 1	Armazenamento de energia em baterias (STOMANA)	0,2 MWh	Sim	Armazenamento implícito ou explícito; Classe B; Armazenamento de energia em baterias	Disponível	SCADA/EMS
PV 1	Fonte de energia renovável não despachável (ETEM)	4 MW	Sim	Geração de eletricidade no local; Classe C	Disponível	SCADA/EMS

Ativos e processos industriais flexíveis

O tipo de atividade industrial realizada em cada local determina a flexibilidade disponível. A STOMANA opera a produção de aço elétrico, na qual a aciaria consome potências muito elevadas em corridas discretas que podem ser iniciadas mais cedo ou mais tarde dentro do plano de produção. Os quatro grupos de ativos flexíveis reportados pela STOMANA são classificados no arquétipo Processo reescalonável (Classe A), com o subtipo Processo interruptível de potência fixa, e representam a grande maioria do consumo do local. A SofiaMed e a ETEM Gestamp também reportam processos industriais reescalonáveis, embora a níveis de potência mais baixos e com características de produção diferentes. A HELLENiQ, por outro lado, opera um processo de refinação contínuo no qual, segundo o próprio local, o ajuste dos processos é raro e condicionado por restrições de produção.

No lado búlgaro, os ativos reportados pela STOMANA são a fusão de sucata nos fornos de arco elétrico (195 MVA instalados, 205,08 GWh/ano, 107 MW de pico não coincidente), a metalurgia

secundária nos fornos-panela (36 MVA, 26,53 GWh/ano, 34,8 MW), o restante consumo da aciaria (13 MVA, 22,59 GWh/ano, 11,3 MW) e as unidades de filtragem (17 MVA, 18,4 GWh/ano, 14,4 MW). Os três primeiros registam o pico durante o dia e as unidades de filtragem durante a noite. Aplica-se uma ressalva importante ao restante consumo da aciaria: da sua carga total, apenas o processo de fundição, de aproximadamente 5 MVA, é considerado capaz de proporcionar flexibilidade. As potências dos motores das unidades individuais da aciaria estão confirmadas, mas a capacidade flexível, o momento em que pode ser oferecida e a sua disponibilidade continuam dependentes da validação dos limites do processo, que está em curso no piloto. A SofiaMed reporta três grupos principais de processos de transformação de cobre: fundição (33,88 GWh/ano, 7,01 MW de pico), laminagem (41,83 GWh/ano, 8,77 MW de pico) e extrusão (9,74 GWh/ano, 1,76 MW de pico). Os três registam o pico durante o dia e são identificados como processos reescalonáveis. A sua flexibilidade está, portanto, associada sobretudo ao ajuste temporal das operações de produção intensivas em eletricidade dentro do calendário de produção, sujeito aos requisitos de continuidade da produção e de qualidade do produto. A ETEM Gestamp reporta extrusão de alumínio (15,57 GWh/ano), processamento secundário (4,47 GWh/ano) e um grupo adicional de processos industriais (0,56 GWh/ano). Os três são classificados como Processo reescalonável (Classe A), interruptível, de potência fixa. A sua flexibilidade está, portanto, associada sobretudo ao deslocamento ou à interrupção das operações de produção dentro das janelas de calendarização permitidas, enquanto a capacidade flexível, o momento e a duração exatos continuam dependentes da validação ao nível do processo.

No lado grego, o único ativo reportado é o motor da extrusora da linha de produção de polipropileno, com uma capacidade instalada de 5.400 kW, um consumo de 70.459 MWh/ano e uma carga máxima de 4.670 kW. O seu consumo pode ser ajustado até um máximo de 1 MW; as principais restrições são os requisitos do processo e as necessidades comerciais da instalação, e não existe um período específico de pico de consumo, uma vez que o consumo varia consoante o grau de polipropileno produzido.

Duas diferenças entre os locais são relevantes para o trabalho de modelação. Primeiro, a escala: o cluster búlgaro combina os ativos flexíveis da STOMANA, que operam na ordem das dezenas de megawatts, com processos reescalonáveis adicionais na SofiaMed e na ETEM Gestamp, enquanto a parcela ajustável do ativo da HELLENiQ está limitada a cerca de 1 MW, pelo que o lado búlgaro domina a flexibilidade agregada do piloto. Segundo, a granularidade dos dados: os dados do cluster búlgaro estão disponíveis com resolução de 15 minutos, enquanto os dados da HELLENiQ estão disponíveis com resolução horária, o que limita a resolução temporal com que o agregado transfronteiriço pode ser caracterizado. Em ambos os locais, estão disponíveis dados atuais e históricos, atualmente obtidos por exportação manual.

TABELA 4: PILOTO #3 - ATIVOS E PROCESSOS INDUSTRIAIS FLEXÍVEIS

ID de Ativo	Ativo ou processo	Carga máxima e período de ocorrência	Classificação de flexibilidade	Disponibilidade de dados	Interface/fonte de acesso a dados	Granularidade	Principais restrições

BG-A1	Fusão de sucata – EAF (STOMANA)	107 MW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Limites do processo
BG-A2	Metalurgia secundária – LF (STOMANA)	34,8 MW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Limites do processo
BG-A3	Restante aciaria – fundição (STOMANA)	11,3 MW, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Da restante carga da aciaria, apenas a fundição (aprox. 5 MVA) é flexível
BG-A4	Unidades de filtragem (STOMANA)	14,4 MW, noite	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Limites do processo
BG-A5	Fundição (SofiaMed)	7,01 MW, dia	Processo reescalonável (A)	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Calendário de produção
BG-A6	Laminagem (SofiaMed)	8,77 MW, dia	Processo reescalonável (A)	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Restrições do cronograma/processo de produção
BG-A7	Extrusão (SofiaMed)	1,76 MW, dia	Processo reescalonável (A)	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Restrições do cronograma/processo de produção
BG-A8	Extrusão de alumínio (ETEM Gestamp)	3,39 MW máximo observado, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Limites do processo
BG-A9	Processamento secundário (ETEM Gestamp)	1,01 MW máximo observado, dia	Processo reescalonável (A): Interruptível, potência fixa	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	15 min	Limites do processo
BG-A10	Grupo adicional de processos	0,82 MW máximos	Processo reescalonável	Histórico	Exportação manual a	15 min	Designação exata do processo e restrições

	industriais (ETEM Gestamp)	observados, dia	(A); Interruptível, de potência fixa		partir do EMS		específicas de cada processo a confirmar
GR-A1	Motor extrusor, linha PP (HELLENiQ)	4,67 MW sem período de pico específico	Processo reescalonável (A): não interruptível, de potência ajustável	Histórico	Exportação manual a partir do EMS	A cada hora	máximo 1 MW ajustável; requisitos de processo e comerciais; varia consoante o grau de PP

2.3 Perfis Consolidados dos Locais Piloto e Inventário de Flexibilidade

Os três pilotos LEONARDO representam configurações industriais e de sistemas energéticos substancialmente diferentes. O seu potencial de flexibilidade varia desde cargas industriais distribuídas e recursos energéticos numa área de distribuição local em Itália, passando pela flexibilidade baseada em processos em dois locais de média dimensão da indústria alimentar na Áustria, até grandes processos industriais intensivos em eletricidade na Bulgária e na Grécia.

O piloto italiano combina um vasto portefólio de recursos energéticos distribuídos, incluindo cargas industriais, geração fotovoltaica, armazenamento em baterias, um eletrolisador e ativos de mobilidade elétrica. A sua configuração suporta a avaliação tanto de serviços de equilíbrio orientados para TSO como de aplicações locais de flexibilidade ao nível de DSO.

O piloto austríaco compreende dois locais industriais com diferentes recursos de flexibilidade. Em Gsellmann, a flexibilidade está principalmente associada à moagem e outras cargas de produção, suportadas por geração fotovoltaica e uma lógica de gestão de carga existente. Está previsto entrar em funcionamento um sistema de armazenamento de baterias instalado. Em Fleischhof Raabtal, o principal potencial reside na refrigeração e armazenamento a frio, onde a procura de eletricidade pode potencialmente ser ajustada dentro de limites definidos de temperatura, higiene e produção. A flexibilidade relacionada com DSO é avaliada através de cenários representativos.

O piloto búlgaro-grego tem as maiores cargas industriais. A sua flexibilidade é dominada pelos processos de produção de aço elétrico na STOMANA, enquanto a quota ajustável do processo de extrusão de polipropileno HELLENiQ ENERGY é consideravelmente menor. Comparado com os pilotos italianos e austríacos, a geração e armazenamento no local desempenham um papel limitado. O principal potencial de flexibilidade está, portanto, associado à agregação e ao planeamento orientado para o mercado da procura industrial.

TABELA 5: PERFIS CONSOLIDADOS DE LOCAIS PILOTO E INVENTÁRIO DE FLEXIBILIDADE

Piloto	Contexto industrial	Principais recursos de flexibilidade	Energia, controlo e contexto de restrições
Piloto italiano	Consumidores industriais dentro da	Cargas industriais, sistemas de armazenamento de	Um portefólio diversificado de ativos de geração e armazenamento de energia. A

	área de distribuição CEDIS	energia em baterias (BESS), sistemas de eletrólise, infraestruturas de carregamento para veículos elétricos e empilhadores, e outros recursos energéticos distribuídos controláveis (DERs).	flexibilidade é limitada por requisitos de processo, limitações de tempo de resposta, limites operacionais de armazenamento e condições de acesso ao mercado.
Piloto austríaco	Produção de rações em Gsellmann e processamento de carne com armazenamento refrigerado em Fleischhof Raabtal.	Moagem e outras cargas de produção, sistemas de refrigeração, áreas de armazenamento frigorífico com flexibilidade térmica e armazenamento de energia em baterias.	A geração fotovoltaica no local está disponível em ambos os locais, enquanto a Gsellmann tem um sistema de armazenamento de energia por bateria instalado agendado para comissionamento. Os dados são fornecidos através da EVON. A flexibilidade é limitada pelos cronogramas de produção, janelas disponíveis para deslocamento de carga, limites de temperatura, requisitos de higiene e restrições da cadeia de frio.
Piloto búlgaro-grego	Produção de aço elétrico na STOMANA, processamento de cobre na SofiaMed, processamento de alumínio na ETEM Gestamp e produção de polipropileno na HELLENiQ ENERGY	Fornos de arco elétrico, fornos-panela, outros processos de fusão e unidades de filtração na STOMANA; fundição, laminagem e extrusão na SofiaMed; extrusão de alumínio e cargas de processamento a jusante na ETEM Gestamp; e a quota ajustável do extrusor de polipropileno na HELLENiQ ENERGY.	A flexibilidade é principalmente impulsionada por grandes cargas industriais, enquanto a geração no local e o armazenamento de energia desempenham um papel limitado. As principais restrições operacionais são a manutenção da produção ininterrupta, a salvaguarda da qualidade do produto e da segurança do processo, e a acomodação das diferenças na granularidade dos dados entre os dois locais.

No geral, o inventário consolidado mostra que os projetos-piloto abrangem um amplo espectro de flexibilidade industrial, desde recursos distribuídos e suportados por armazenamento até à flexibilidade baseada em processos em indústrias de dimensão média e intensiva em eletricidade.

3 Modelação de Casos de Uso Específicos para Piloto

Este capítulo apresenta a especificação detalhada e a modelação dos Casos de Uso específicos por piloto. Os Casos de Uso já estavam definidos ao nível do projeto e foram posteriormente desenvolvidos para refletir as condições específicas dos três Locais Piloto do LEONARDO.

A modelação centra-se no contexto concreto de implementação de cada Caso de Uso. Isto inclui o contexto industrial, o contexto de mercado ou de sistema, os atores envolvidos, a informação necessária, a sequência operacional e o resultado esperado. São também consideradas as restrições técnicas, operacionais e regulatórias relevantes.

Foi aplicada uma estrutura comum a todos os Locais Piloto. Isto garante que os Casos de Uso são descritos de forma consistente e comparável, refletindo ao mesmo tempo as características individuais de cada piloto e cenário.

3.1 Abordagem e Estrutura de Modelação de Casos de Uso

Foi desenvolvido um modelo comum de Modelação de Casos de Uso para orientar a especificação detalhada dos Casos de Uso nos três Locais Piloto.

O modelo segue uma abordagem estruturada e cobre os principais elementos necessários para uma descrição abrangente do Caso de Uso. Cada Caso de Uso é primeiro apresentado através do seu objetivo global, âmbito e resultado esperado. O contexto industrial é depois descrito para mostrar que processos, ativos e recursos de flexibilidade são relevantes no respetivo piloto.

O contexto de mercado e sistema define o mecanismo de flexibilidade ou o contexto de mercado abordado pelo Caso de Uso. Os atores envolvidos e os seus papéis são descritos separadamente para clarificar responsabilidades e interações.

A parte operacional do modelo especifica como o Caso de Uso é iniciado e como se espera que o processo decorra. Inclui o evento gatilho, os dados de entrada necessários, a lógica de decisão, a ação esperada e o resultado obtido. Os sistemas e a informação necessários para o processo são descritos juntamente com as principais restrições técnicas, operacionais e regulatórias.

Por fim, cada Caso de Uso é resumido através de um cenário principal que apresenta a sequência operacional desde o evento gatilho inicial até ao resultado esperado.

A abordagem de modelação é apoiada pelos princípios da IEC 62559 e do Modelo de Arquitetura de Rede Inteligente (SGAM), que fornecem uma base estruturada para descrever atores, interações, fluxos de informação e processos operacionais.

As especificações de Casos de Uso resultantes fornecem uma referência comum para os KPIs específicos por piloto e por Caso de Uso apresentados no Capítulo 4.

3.2 Resultados de Modelação de Casos de Uso por Piloto

Esta secção apresenta os resultados detalhados da modelação dos Casos de Uso de cada Local Piloto. Cada Caso de Uso é descrito de acordo com a estrutura comum, mantendo o respetivo contexto industrial, operacional, de mercado e de sistema.

3.2.1 Local Piloto #1: Piloto Italiano

Visão Geral dos Casos de Uso do Piloto

O local piloto italiano situa-se no cluster industrial de Storo, uma área multi-industrial servida pela CEDIS (Consorzio Elettrico di Storo) enquanto Operador do Sistema de Distribuição (DSO) local. A CEDIS é um DSO pequeno, mas estrategicamente relevante, que gere uma rede de distribuição fechada que acolhe vários consumidores industriais, ativos de geração renovável (sobretudo fotovoltaica e hidroelétrica) e uma quota crescente de recursos energéticos distribuídos (DER) flexíveis, incluindo sistemas de armazenamento de energia em baterias (BESS) e um eletrolisador.

O piloto italiano previa originalmente quatro Casos de Uso no Acordo de Subvenção (GA): **GA-UC#1**, que fornece serviços de flexibilidade a partir de cargas industriais agregadas e DERs, facilitados pelo agregador externo Flexcity através da sua plataforma proprietária de monitorização e despacho baseada em Grafana, em comunicação com o TSO; **GA-UC#2**, que tira partido das capacidades de agregação e despacho dinâmico do iFAAP para oferecer tanto serviços energéticos (redução de picos, arbitragem de preços spot) como serviços auxiliares (por exemplo, BESS para o MSD) a partir de DERs, incluindo o eletrolisador; **GA-UC#3**, que alarga as capacidades da plataforma através do toolkit iFAAP para permitir a participação futura num contexto de mercado de serviços auxiliares reformado por políticas e favorável à DSF; e **GA-UC#4**, que desenvolve mecanismos de mercado para resolver congestionamentos locais ao nível do DSO através de um mercado local de flexibilidade, suportado também por uma plataforma de troca de dados de flexibilidade TSO–DSO.

No decorrer do projeto, o consórcio italiano reestruturou deliberadamente estes quatro Casos de Uso em três, com o objetivo explícito de garantir a cobertura total de todos os serviços originalmente previstos, resultando num conjunto de Casos de Uso mais adaptado aos ativos efetivamente disponíveis no local piloto, ao contexto institucional da CEDIS enquanto pequeno DSO local e à evolução atual do quadro regulatório nacional. Os três Casos de Uso revistos não constituem uma redução de ambição: consolidam e aperfeiçoam os quatro originais numa estrutura mais coerente e implementável. O mapeamento para os Casos de Uso originais do GA é o seguinte:

- **UC-IT-01** - **Flexibilidade agregada a partir de cargas industriais distribuídas e recursos energéticos** abrange a dimensão de agregação e de orquestração da plataforma do GA-UC#1, GA-UC#2 e GA-UC#3. A principal alteração face ao GA é a substituição do agregador externo Flexcity e da sua plataforma proprietária (Grafana) por uma solução própria, a plataforma FLEXIA, desenvolvida no âmbito do projeto FLEXIA financiado pelo MASE italiano e operada diretamente pela CEDIS enquanto BSP e agregador. Esta alteração é mais coerente com a escala do piloto, evita a dependência de terceiros comerciais e reforça a transferibilidade do modelo para contextos semelhantes de pequenos DSO.

- **UC-IT-02** - **Operar no mercado nacional de equilíbrio** abrange a dimensão de serviços auxiliares e de participação no mercado de equilíbrio do GA-UC#2 e do GA-UC#3, com foco em recursos de resposta mais rápida (BESS, eletrolisadores, carregadores inteligentes) para restabelecimento da frequência e reserva de substituição. Fornece uma base de evidência assente em simulação para o futuro envolvimento regulatório – uma abordagem mais realista, tendo em conta que a CEDIS ainda não dispõe de estatuto formal de BSP –, abrangendo também o quadro de coordenação TSO–DSO originalmente previsto no GA-UC#4, através da participação simulada no mercado italiano MSD/de equilíbrio gerido pelo TSO Terna.
- **UC-IT-03** - **Operar um mercado local de flexibilidade para a gestão da rede do DSO** engloba totalmente o GA-UC#4, alargando-o com um desenho de mercado mais completo (alinhado com o quadro de LFM da Resolução ARERA 352/2021 e com pilotos italianos em curso, como EDGE, MiNDFlex e RomeFlex) e incorporando a dimensão de otimização no mercado grossista. A presença da CEDIS como DSO local, com uma rede de distribuição fechada e relações diretas com os consumidores industriais ligados, torna a abordagem de mercado local de flexibilidade mais natural e operacionalmente relevante para o piloto italiano. O UC-IT-03 revisto oferece um tratamento mais completo e tecnicamente coerente da flexibilidade ao nível do DSO, incluindo a definição de um desenho de mercado simulado, o papel da CEDIS como DSO e operador de mercado, e a interação com as condições do mercado grossista.

Nos três Casos de Uso revistos, a plataforma FLEXIA constitui a base tecnológica comum, em combinação com o iFAAP, substituindo a plataforma Grafana da Flexcity originalmente descrita no GA. Esta consolidação reflete tanto a disponibilidade da plataforma FLEXIA através do projeto paralelo do MASE como a necessidade de uma solução unificada e interoperável que possa servir o equilíbrio ao nível do TSO, a flexibilidade ao nível do DSO local e a gestão interna de energia num único ambiente operacional.

TABELA 6: PILOTO #1 – VISÃO GERAL DO CASO DE USO

UC ID	Título do Caso de Uso	Foco principal
UC-IT-01	Flexibilidade agregada a partir de cargas industriais distribuídas e recursos energéticos	Fornecer serviços de flexibilidade a partir da agregação de cargas industriais e DERs através da plataforma FLEXIA, com a CEDIS como BSP/agregador
UC-IT-02	Operar no mercado nacional de equilíbrio	Explorar a participação no mercado de equilíbrio com foco em recursos mais rápidos, como BESS e eletrolisadores, através da plataforma FLEXIA
UC-IT-03	Operar um mercado local de flexibilidade para a gestão da rede DSO	Explorar a criação de um mercado local de flexibilidade para a gestão da procura, com o objetivo de maximizar o autoconsumo na rede da CEDIS e resolver o corte de produção renovável e os congestionamentos associados na rede, através da plataforma FLEXIA

3.2.1.1 UC- IT-01 – Flexibilidade agregada a partir de cargas industriais distribuídas e recursos energéticos

Descrição do Caso de Uso - UC-IT-01

O UC-IT-01 constitui o Caso de Uso base do piloto italiano. O seu principal objetivo é implementar e validar uma plataforma de agregação interoperável, a plataforma FLEXIA, desenvolvida no âmbito do projeto FLEXIA financiado pelo MASE italiano, capaz de orquestrar a calendarização e a ativação de serviços de flexibilidade a partir dos diversos ativos industriais e DERs localizados na área de distribuição da CEDIS. Ao contrário da formulação original do GA, que dependia de um agregador comercial externo (Flexcity) e da sua plataforma proprietária, o UC-IT-01 coloca a CEDIS diretamente no papel de BSP e agregador, garantindo um alinhamento total com as condições da rede local, os requisitos de cibersegurança e o quadro regulatório aplicável à flexibilidade ao nível do DSO em Itália. O Caso de Uso é transversal: fornece a infraestrutura de plataforma comum sobre a qual assentam o UC-IT-02 (mercado nacional de equilíbrio) e o UC-IT-03 (mercado local de flexibilidade). O resultado esperado é uma plataforma validada, segura e de fácil utilização, capaz de calendarizar e ativar flexibilidade de forma coordenada e fiável, respeitando as restrições operacionais de cada processo industrial.

TABELA 7: PILOTO #1 - UC- IT-01 PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-IT-01 — Flexibilidade agregada a partir de cargas industriais distribuídas e recursos energéticos
Breve descrição	Operar a plataforma FLEXIA para orquestrar a calendarização e a ativação de flexibilidade nos ativos industriais e DERs da área da CEDIS, com a CEDIS a atuar como BSP/agregador.
Objetivo / Propósito	Implementar uma plataforma interoperável e abrangente para orquestrar a calendarização e a ativação de serviços de flexibilidade a partir de diferentes ativos industriais e DERs na área da CEDIS, garantindo um suporte eficaz à rede e respeitando ao mesmo tempo os processos principais e as necessidades de cibersegurança das indústrias.
Nível de sistema abrangido	Plataforma de agregação
Resultado esperado	Plataforma validada, segura e de fácil utilização para a calendarização e ativação de flexibilidade agregada de múltiplos ativos industriais e DERs na área da CEDIS.

Contexto Industrial - UC-IT-01

A área de distribuição da CEDIS acolhe um conjunto de consumidores industriais com processos e perfis energéticos heterogéneos, criando um portefólio de flexibilidade complementar. Os ativos incluem fabricantes com processos em lote (por exemplo, fabrico mecânico), indústrias de processo contínuo, instalações BESS, um eletrolisador de hidrogénio e infraestrutura de carregamento

inteligente para veículos elétricos e empilhadores. A diversidade de ativos, que combina processos térmicos e de produção de resposta lenta com armazenamento eletroquímico de resposta rápida, é uma característica-chave do piloto e um objeto central do exercício de agregação.

TABELA 8: PILOTO #1 - UC- IT-01 CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Cluster industrial misto: fabrico discreto com processos em lote; indústria de processos contínuos; armazenamento de energia e produção de hidrogénio.
Principais Processos Industriais Relevantes	Arrefecimento / aquecimento / linhas de produção / operação de BESS / operação de eletrolisadores / carregamento inteligente de veículos elétricos e empilhadores / fornos
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	Arrefecimento / aquecimento / linhas de produção / carga e descarga de BESS / modulação de eletrolisadores / carregamento inteligente de veículos elétricos e empilhadores / fornos
Escala de Flexibilidade	Ativo individual (a agregar através da plataforma FLEXIA em toda a área da CEDIS).
Nível de Controlo	Baseado em EMS (EMS de cada ativo interligado com a plataforma FLEXIA; instalados e configurados pelos fornecedores de EMS MAPS, Ecoenerg e Polytec).

Contexto de Mercado e Sistema - UC-IT-01

O UC-IT-01 abrange várias categorias de mecanismos, uma vez que a plataforma FLEXIA foi concebida para servir os três contextos de mercado abordados pelo piloto italiano: contratos bilaterais internos entre a CEDIS e os consumidores industriais, participação no mercado grossista, mercados nacionais de equilíbrio e de serviços auxiliares, e o mercado local de flexibilidade na rede da CEDIS. O gatilho para a operação da plataforma combina previsão de flexibilidade, calendarização e sinais de ativação, refletindo todo o ciclo operacional, desde o planeamento para o dia seguinte até ao despacho quase em tempo real. O nível de maturidade é simulado, uma vez que a plataforma FLEXIA está em desenvolvimento no âmbito do projeto FLEXIA financiado pelo MASE. A proposta de valor do UC-IT-01 assenta na redução de custos para a CEDIS e para os utilizadores industriais através da maximização do autoconsumo, em pagamentos por serviços de rede em troca de suporte à rede e na remuneração proveniente dos mercados de equilíbrio e grossista.

TABELA 9: PILOTO #1 - UC- IT-01 CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DE CASOS DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Interno (contratos bilaterais CEDIS–indústrias) / Grossista / Equilíbrio / Serviços auxiliares / Congestionamento (mercado local de flexibilidade na rede da CEDIS).

Mercado-alvo	DAM / Equilíbrio / Mercado de Flexibilidade Local (MLF).
Categoria de gatilho	Previsão de flexibilidade / calendário de flexibilidade / sinal de ativação de flexibilidade.
Nível de maturidade	Simulado (plataforma em desenvolvimento no âmbito do projeto FLEXIA do MASE; o piloto irá validar o desempenho da plataforma em simulação).
Principal Fator de Valor	Poupança / Receitas / Suporte à Rede / Maximização do autoconsumo
Fluxo de Receita / Benefícios	Redução de custos para a CEDIS e para os utilizadores industriais / remuneração proveniente dos mercados de equilíbrio e grossista / pagamentos por serviços de rede.

Atores do Caso de Uso - UC-IT-01

Locais industriais (Innova, Polytec e **Poncial):** Disponibilizam cargas flexíveis e DERs à plataforma FLEXIA. Cada local disponibiliza a sua flexibilidade e as suas restrições operacionais através do respetivo EMS local, que comunica diretamente com a plataforma.

CEDIS (DSO local e BSP/agregador): Identifica as necessidades da rede e as oportunidades de mercado, opera a plataforma FLEXIA, calendariza e ativa a flexibilidade em todo o portefólio agregado. A CEDIS substitui o papel originalmente previsto para o agregador externo Flexcity, internalizando a agregação no DSO e assegurando a coerência com a gestão da rede local.

Maps Energy + FBK: Responsáveis pelo desenvolvimento da plataforma FLEXIA em conformidade com os requisitos das partes interessadas e as recomendações de cibersegurança.

Ecoenerg / Polytec (fornecedores de EMS): Instalam e configuram os sistemas EMS nos ativos industriais individuais, garantindo uma comunicação direta e normalizada entre os ativos e a plataforma FLEXIA.

Operação do Caso de Uso - UC-IT-01

A operação do UC-IT-01 está estruturada em três fases operacionais: previsão e calendarização (dia seguinte), otimização e pré-qualificação, e ativação quase em tempo real. A plataforma recebe continuamente dados dos EMS industriais, previsões de geração e sinais de mercado, e realiza uma otimização multiobjetivo para gerar calendários de flexibilidade. Ao receber um sinal de ativação (da CEDIS enquanto DSO, ou do TSO nacional), a plataforma realiza uma otimização multiobjetivo para identificar a estratégia de flexibilidade mais adequada, considerando as condições operacionais dos ativos disponíveis. De seguida, envia setpoints de ativação para os Sistemas de Gestão de Energia (EMS) de cada ativo, que controlam os ativos físicos correspondentes. As ações de flexibilidade resultantes podem incluir deslocamento ou redução de carga, reescalonamento de processos, carga ou descarga de BESS e modulação do eletrolisador, com o resultado esperado de planear a flexibilidade antecipadamente e ativá-la com sucesso sempre que as condições da rede ou do mercado o exijam.

TABELA 10: PILOTO #1 - UC- IT-01 OPERAÇÃO DE CASOS DE USO

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento de Gatilho	Sinal da rede (por exemplo, evento de corte de produção fotovoltaica) / previsão de geração e de mercado / pedido de serviço auxiliar da rede nacional (Terna).
Dados de Entrada / Variáveis	Calendários de produção e dados de consumo quase em tempo real dos locais industriais; previsões de geração e dados quase em tempo real; previsões de fluxos na rede e medições quase em tempo real; previsões de preços dos mercados diário e de equilíbrio.
Lógica de decisão	A plataforma FLEXIA realiza uma otimização multiobjetivo com base nos dados recebidos e envia setpoints de ativação para os EMS de cada ativo, que controlam os ativos físicos.
Ação Esperada	Deslocamento de carga / redução de carga / reescalonamento de processos / carga e descarga de BESS / modulação do eletrolisador.
Resultado esperado	Flexibilidade planeada com antecedência e ativada com sucesso quando necessário.

Sistemas, Dados e Restrições

Sistemas envolvidos: plataforma de agregação e otimização FLEXIA (projeto do MASE); sistemas EMS locais nos ativos industriais individuais (MAPS, Ecoenerg, Polytec); sistemas SCADA; ferramentas de previsão de geração e de carga; interfaces com plataformas de mercado (GME para os mercados nacionais – MLF, Piclo ou equivalente para o mercado local).

Informação utilizada: dados de consumo em tempo real e previsões por ativo; previsões de geração fotovoltaica e de outras fontes; medições de fluxos na rede na fronteira da CEDIS; preços do mercado diário; sinais do mercado de equilíbrio; restrições operacionais e calendários ao nível dos ativos.

Restrições técnicas e operacionais: limites de capacidade por ativo; limites de temperatura dos processos térmicos; limites de estado de carga e de ciclos do BESS; duração máxima de um novo setpoint; tempo mínimo de resposta para recursos rápidos; requisitos de continuidade do calendário de produção; requisitos de conforto para processos de aquecimento e arrefecimento; requisitos de cibersegurança e de privacidade de dados nas comunicações da plataforma.

Restrições de mercado e regulatórias: condições de acesso ao mercado de equilíbrio para a CEDIS enquanto BSP; acordos contratuais bilaterais entre a CEDIS e os consumidores industriais; conformidade com o RGPD e a NIS2 no tratamento de dados da plataforma.

Cenário de Uso Principal

Gatilho: A CEDIS deteta uma restrição de rede iminente ou recebe um sinal de mercado (por exemplo, previsão de sobreprodução fotovoltaica, preços grossistas elevados).

Avaliação: A plataforma FLEXIA recolhe dados quase em tempo real e de previsão de todos os ativos ligados e da rede, avaliando a flexibilidade agregada disponível em todo o portefólio.

Decisão: A plataforma realiza a otimização e gera um calendário de flexibilidade, selecionando recursos com base na disponibilidade, velocidade de resposta e custo. A CEDIS revê e confirma o calendário.

Ativação: Ao receber um sinal de ativação (da CEDIS enquanto DSO ou da Terna), a plataforma envia setpoints para os EMS de cada ativo. Os ativos respondem ajustando a carga ou a geração dentro das suas restrições operacionais.

Monitorização e resultado: A plataforma monitoriza a resposta de flexibilidade de cada ativo. Os resultados são registados e usados para liquidação, reporte e verificação de KPIs.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Operar no mercado nacional de equilíbrio

Descrição do Caso de Uso - UC-IT-02

O UC-IT-02 centra-se na participação simulada da CEDIS, enquanto BSP, no mercado nacional de equilíbrio e de serviços auxiliares operado pelo TSO através do MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) e das UVAM (Unità Virtuali Abilitate Miste – agregados de unidades de produção e de consumo de eletricidade geridos em conjunto por um agregador). Partindo da infraestrutura de agregação estabelecida no UC-IT-01, este Caso de Uso dá prioridade a recursos de resposta rápida, em particular o BESS, o eletrolisador e os carregadores inteligentes de VE/empilhadores, capazes de prestar serviços de restabelecimento da frequência (resposta em 5–15 minutos) e, no caso das cargas industriais mais lentas, serviços de reserva de substituição (resposta em 30–60 minutos). Este Caso de Uso foi explicitamente concebido como uma simulação, refletindo o contexto regulatório atual em Itália: a CEDIS, enquanto pequeno DSO local, enfrenta barreiras de limiar mínimo de licitação e de pré-qualificação para a participação direta no MSD. A simulação irá quantificar o valor potencial do portefólio agregado da CEDIS para o equilíbrio nacional e a coordenação TSO–DSO, e fornecer uma base de evidência validada para o futuro envolvimento regulatório.

TABELA 11: PILOTO #1 - UC-IT-02 PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-IT-02 — Operar no mercado nacional de equilíbrio
Breve descrição	Simular a participação da CEDIS no mercado nacional MSD/de equilíbrio operado pelo TSO (potencialmente através do mecanismo UVAM), com foco em recursos de resposta rápida (BESS, eletrolisador, carregadores inteligentes) para serviços de restabelecimento da frequência e de reserva de substituição.
Objetivo / Propósito	Oferecer ao TSO a flexibilidade agregada na plataforma FLEXIA através dos mecanismos de despacho MSD/UVAM, com a CEDIS como BSP simulado, com foco em recursos capazes de resposta mais rápida para restabelecimento da

	frequência (5–15 min) e na reserva de substituição para recursos mais lentos (30–60 min).
Nível de sistema abrangido	Plataforma de agregação / operação nacional de rede / mercado de equilíbrio.
Resultado esperado	Contribuição potencial validada da flexibilidade agregada da CEDIS para os serviços auxiliares nacionais, com cenários de receita quantificados e identificação das barreiras técnicas e regulatórias à participação real.

Contexto Industrial - UC-IT-02

O UC-IT-02 assenta na mesma base de ativos que o UC-IT-01, mas com uma priorização deliberada dos ativos com perfis de resposta mais rápidos e controláveis. O BESS e o eletrolisador são os principais recursos para serviços de restabelecimento da frequência, dada a sua capacidade de resposta em segundos a minutos. Será também explorado o potencial de flexibilidade dos carregadores inteligentes de VE/empilhadores. As cargas industriais com inércia térmica (aquecimento, arrefecimento) e as linhas de produção com capacidade de armazenamento intermédio são consideradas para serviços mais lentos de reserva de substituição.

TABELA 12: PILOTO #1 - UC-IT-02 CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Cluster industrial misto: prioridade aos ativos de resposta rápida (BESS, eletrolisador, carregadores inteligentes de VE/empilhadores); papel secundário para cargas térmicas e de produção.
Principais Processos Industriais Relevantes	Carga/descarga de BESS / modulação de eletrolisadores / carregamento inteligente de veículos elétricos e empilhadores / processos de arrefecimento e aquecimento / linhas de produção.
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	BESS / eletrolisadores / carregadores inteligentes (primários); arrefecimento, aquecimento, linhas de produção (secundários).
Escala de Flexibilidade	Ativo individual (agregado através da plataforma FLEXIA para uma oferta conjunta ao TSO).
Nível de Controlo	Baseado em EMS (o EMS de cada ativo executa os setpoints recebidos da plataforma FLEXIA quase em tempo real).

Contexto de Mercado e Sistema - UC-IT-02

O mecanismo de mercado relevante é o Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD) italiano, incluindo o regime UVAM (Unità Virtuale Abilitata Mista), que permite que recursos distribuídos agregados participem como unidades virtuais na prestação dos serviços auxiliares solicitados pelo TSO Terna. O Caso de Uso tem um nível de maturidade simulado, destinado a validar o potencial de

participação futura, uma vez que a CEDIS ainda não detém o estatuto de BSP, e assenta nas receitas dos participantes através de pagamentos do TSO por serviços de rede em troca de serviços de suporte à rede.

TABELA 13: PILOTO #1 - UC-IT-02 CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DE CASOS DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Equilíbrio / serviços auxiliares (nível nacional, TSO).
Mercado-alvo	MSD / UVAM (mercado nacional de equilíbrio, TSO).
Categoria de gatilho	Pedido de serviço auxiliar da rede nacional (sinal de ativação do TSO).
Nível de maturidade	Simulado (a CEDIS ainda não detém o estatuto de BSP; a simulação valida o potencial e informa a participação futura).
Principal Fator de Valor	Receita / Suporte à Rede.
Fluxo de Receita / Benefícios	Pagamentos do TSO por serviços de rede (remuneração simulada MSD/UVAM para a CEDIS e para os locais industriais participantes).

Atores do Caso de Uso - UC-IT-02

Locais industriais (Innova, Polytec e Poncial): Disponibilizam cargas flexíveis e ativos de resposta rápida (BESS, eletrolisador, carregadores inteligentes) à plataforma FLEXIA para efeitos de equilíbrio nacional.

CEDIS (BSP/agregador, simulado): Opera a plataforma FLEXIA em modo BSP, agrega o portefólio de flexibilidade, submete ofertas ao mercado nacional (em simulação) e gere comandos de ativação.

Terna / GME: A Terna (TSO nacional) adquire a flexibilidade oferecida para a sua atividade de despacho (através da plataforma GME).

Operação do Caso de Uso - UC-IT-02

O UC-IT-02 é iniciado após a receção de um pedido de serviço auxiliar da rede nacional, através de um sinal de ativação do TSO. A plataforma FLEXIA processa o pedido utilizando os calendários e dados operacionais quase em tempo real dos locais industriais, previsões e medições de geração, previsões de fluxos na rede, bem como previsões do mercado de equilíbrio e dados históricos de ativação do TSO. Com base nestes dados, a plataforma otimiza os recursos de flexibilidade de resposta rápida disponíveis e determina a combinação de ações mais adequada, enviando setpoints de ativação para os Sistemas de Gestão de Energia (EMS) de cada ativo, enquanto a CEDIS confirma o despacho na qualidade de Prestador de Serviços de Equilíbrio (BSP) simulado. As ações de flexibilidade esperadas incluem redução de carga, carga ou descarga de BESS, modulação de eletrolisadores e redução da potência dos carregadores inteligentes. Como resultado, os recursos

selecionados são ativados em resposta ao pedido do TSO, disponibilizando a flexibilidade necessária ao despacho simulado da rede nacional.

TABELA 14: PILOTO #1 - OPERAÇÃO DO CASO DE USO UC-IT-02

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento de Gatilho	Pedido de serviço auxiliar da rede nacional (sinal de ativação do TSO).
Dados de Entrada / Variáveis	Calendários e dados quase em tempo real dos locais industriais; previsões de geração e dados quase em tempo real; previsões de fluxos na rede; previsões do mercado de equilíbrio e dados históricos de ativação do TSO.
Lógica de decisão	A plataforma FLEXIA otimiza os recursos de resposta rápida disponíveis e envia setpoints de ativação para cada EMS. A CEDIS confirma o despacho enquanto BSP simulado.
Ação Esperada	Redução de carga / descarga ou carga de BESS / modulação do eletrolisador / redução da potência dos carregadores inteligentes.
Resultado esperado	Flexibilidade ativada e fornecida ao despacho simulado da rede nacional.

Sistemas, Dados e Restrições - UC-IT-02

Sistemas envolvidos: plataforma FLEXIA; EMS de cada ativo; sistemas SCADA; ferramentas de previsão; interface de mercado GME (para a participação simulada no MSD); dados históricos de despacho do TSO para replicação de sinais.

Informação utilizada: dados quase em tempo real de consumo e de estado de carga dos ativos; previsões de geração; previsões de preços e volumes do mercado de equilíbrio; sinais de despacho do TSO (simulados).

Restrições técnicas e operacionais: limites de ciclos e de estado de carga do BESS; carga mínima estável e taxas de rampa do eletrolisador; requisitos de continuidade dos processos nas cargas industriais; limites de latência para resposta rápida; limiar mínimo de licitação para participação no MSD.

Restrições de mercado e regulatórias: A CEDIS não detém atualmente pré-qualificação como BSP junto do TSO, pelo que a participação é simulada. Os acordos contratuais bilaterais com os consumidores industriais regem as obrigações de flexibilidade e a remuneração.

Cenário de Uso Principal - UC-IT-02

Gatilho: A plataforma FLEXIA recebe um sinal simulado de ativação do TSO, solicitando regulação ascendente ou descendente da unidade virtual CEDIS.

Avaliação: A plataforma avalia o estado quase em tempo real de todos os ativos de resposta rápida (estado de carga do BESS, carga do eletrolisador, disponibilidade dos carregadores inteligentes) e estima o volume total de flexibilidade disponível.

Decisão: O otimizador seleciona a combinação de ativos mais adequada para satisfazer o pedido dentro das bandas de tolerância, dando prioridade ao BESS e ao eletrolisador para a resposta rápida e às cargas mais lentas para a reserva de substituição.

Ativação: A plataforma envia setpoints para os EMS de cada ativo. Os ativos respondem dentro do prazo exigido (5–15 min para recursos rápidos; 30–60 min para cargas mais lentas).

Monitorização e resultado: A plataforma regista a resposta à ativação e compara-a com o volume e as bandas de tolerância solicitados. As receitas simuladas no MSD são calculadas com base nas regras de mercado aplicáveis. Os desvios e os cumprimentos parciais são registados para análise.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Operar o mercado local de flexibilidade para a gestão da rede DSO

Descrição do Caso de Uso - UC-IT-03

O UC-IT-03 centra-se na simulação de um mercado local de flexibilidade (LFM) na rede de distribuição da CEDIS, utilizando a plataforma FLEXIA como base operacional. Este Caso de Uso está diretamente alinhado com o contexto regulatório italiano, em rápida evolução, para a flexibilidade ao nível do DSO, em particular a Resolução ARERA 352/2021 e os projetos-piloto de LFM em curso (EDGE, MiNDFlex, RomeFlex), que testam mecanismos de mercado para a gestão de congestionamentos e a redução do corte de produção renovável ao nível da distribuição. O contexto específico da CEDIS – uma pequena rede de distribuição fechada, com geração renovável significativa, ativos de armazenamento e eletrolisadores em crescimento, e vários consumidores industriais – torna-a um campo de ensaio particularmente relevante para o desenho de mercados locais de flexibilidade. Os principais objetivos operacionais são: maximizar o autoconsumo na rede da CEDIS (reduzindo tanto a importação como a exportação no ponto de interligação com a rede nacional); resolver eventos de corte de produção fotovoltaica resultantes de restrições da rede local; e otimizar as condições económicas das trocas da CEDIS no mercado grossista. Os resultados esperados do UC-IT-03 abrangem a validação de uma operação simulada de mercado local de flexibilidade num contexto de pequeno DSO e a quantificação do impacto no autoconsumo, na redução do corte de produção, no alívio do congestionamento da rede e na otimização de custos no mercado grossista.

TABELA 15: PILOTO #1 - UC-IT-03 PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-IT-03 — Operar o mercado local de flexibilidade para a gestão da rede DSO
Breve descrição	Simular um mercado local de flexibilidade na rede da CEDIS para maximizar o autoconsumo, resolver o corte de produção renovável, aliviar o congestionamento local e otimizar as trocas no mercado grossista, através da plataforma FLEXIA.
Objetivo / Propósito	Simular um mercado local de flexibilidade para a gestão da procura, destinado a maximizar o autoconsumo na rede da CEDIS, resolver o corte de produção

	renovável e os congestionamentos associados na rede, e otimizar as trocas no mercado grossista, com a CEDIS a atuar como DSO e operador de mercado.
Nível de sistema abrangido	Operação da rede de distribuição / plataforma de agregação / mercado local.
Resultado esperado	Simulação validada da operação de um mercado local de flexibilidade num contexto de pequeno DSO; impacto quantificado no autoconsumo, na redução do corte de produção, no alívio do congestionamento da rede e na otimização de custos no mercado grossista.

Contexto Industrial - UC-IT-03

Está envolvida a mesma base de ativos do UC-IT-01 e do UC-IT-02, sendo todos os tipos de ativos relevantes para este Caso de Uso. A complementaridade entre a flexibilidade de aumento de carga (absorção do excedente de geração fotovoltaica, redução das exportações) e a flexibilidade de redução de carga (redução das importações quando os preços grossistas são elevados ou quando as restrições locais o exigem) é uma característica-chave do desenho do mercado local.

TABELA 16: PILOTO #1 - UC-IT-03 CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Cluster industrial misto: todos os ativos na área da CEDIS, incluindo indústrias transformadoras, BESS, eletrolisadores e carregadores inteligentes.
Principais Processos Industriais Relevantes	Arrefecimento / aquecimento / linhas de produção / carga e descarga de BESS / eletrolisador / carregamento inteligente de veículos elétricos e empilhadores / fornos.
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	Todas as opções acima, tanto a flexibilidade ascendente (aumento da carga / carga de armazenamento / aumento do eletrólisador) como a flexibilidade descendente (redução da carga / descarga de armazenamento) são relevantes.
Escala de Flexibilidade	Ativo individual (agregado através da plataforma FLEXIA para despacho no mercado local).
Nível de Controlo	Baseado em EMS (o EMS de cada ativo recebe setpoints da plataforma FLEXIA após a ativação pela CEDIS).

Contexto de Mercado e Sistema - UC-IT-03

O mercado local de flexibilidade simulado no UC-IT-03 está estruturado em linha com o quadro italiano de LFM decorrente da Resolução ARERA 352/2021 e dos projetos-piloto em curso. A CEDIS atua simultaneamente como DSO (identificação das necessidades da rede) e como operador do

mercado local (receção de ofertas de flexibilidade dos BSP industriais e respetiva ativação por ordem de mérito). O desenho do mercado inclui calendarização antecipada (dia seguinte) e ativação quase em tempo real, desencadeadas por sinais da rede ou por condições do mercado grossista. O Caso de Uso tem também em conta a dupla natureza das necessidades de flexibilidade na rede da CEDIS: é necessária flexibilidade ascendente (redução de carga ou descarga de armazenamento) em períodos de preços grossistas elevados ou de restrições de importação da rede, enquanto é necessária flexibilidade descendente (aumento de carga, carga de armazenamento, aumento do eletrolisador) em períodos de excedente de geração fotovoltaica local, para evitar o corte de produção e os congestionamentos associados na rede. A proposta de valor do UC-IT-03 assenta na redução dos custos da CEDIS no mercado grossista de eletricidade e na maximização do autoconsumo, em pagamentos por serviços de rede através da remuneração simulada do LFM em troca de serviços de suporte à rede e nas consequentes receitas e poupanças para os utilizadores industriais.

TABELA 17: PILOTO #1 - UC-IT-03 CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DE CASOS DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Interna (contratos bilaterais CEDIS–indústrias) / Gestão de Congestionamento (mercado local de flexibilidade dentro da rede CEDIS).
Mercado-alvo	Mercado Local de Flexibilidade (MLF, simulado) / DAM (para otimização no mercado grossista).
Categoria de gatilho	Sinal de restrição da rede (corte de produção fotovoltaica, congestionamento local) / sinal de preço do mercado grossista (custos de importação elevados ou excedente para exportação).
Nível de maturidade	Simulado (alinhado com o quadro regulatório italiano emergente para LFM; a CEDIS ainda não opera um LFM formal).
Principal Fator de Valor	Poupança / Receita / Suporte à rede / Maximização do autoconsumo.
Fluxo de Receita / Benefícios	Redução de custos no mercado grossista para a CEDIS / pagamentos por serviços de rede (remuneração simulada do LFM) / receitas e poupanças para os utilizadores industriais.

Atores do Caso de Uso - UC-IT-03

Locais industriais (Innova, Polytec e Poncial): Oferecem serviços de flexibilidade (ascendente e descendente) à CEDIS através da plataforma FLEXIA, ao abrigo de contratos bilaterais e da participação simulada no LFM. Cada local submete ofertas de disponibilidade e de ativação com base nas suas restrições operacionais e estrutura de custos.

CEDIS (DSO e BSP): Identifica as restrições da rede e as necessidades de mercado, recebe ofertas de flexibilidade através da plataforma FLEXIA, seleciona recursos por ordem de mérito e ativa a flexibilidade quando necessário. A CEDIS está numa posição única para atuar simultaneamente como

DSO e BSP, dada a sua estrutura de rede fechada e a relação direta com os consumidores industriais ligados.

GME / Piclo (interfaces de plataforma de mercado): Fornecem a infraestrutura do lado do mercado para a submissão e liquidação de ofertas no mercado local de flexibilidade simulado. Num futuro contexto de mercado real, o GME poderá gerir os leilões do MLF (em linha com o quadro ARERA 372/2023) ou, em alternativa, a Piclo Flex poderá atuar como potencial intermediário de plataforma.

Operação do Caso de Uso - UC-IT-03

O UC-IT-03 é iniciado por um pedido de serviço de flexibilidade da CEDIS, desencadeado quer pelo corte de produção renovável, que exige flexibilidade descendente através do aumento de carga, quer por preços de importação grossistas elevados ou congestionamento da rede local, que exigem flexibilidade ascendente através da redução de carga. A plataforma FLEXIA combina os calendários e dados operacionais quase em tempo real dos locais industriais com previsões e medições de geração fotovoltaica e de outras fontes, previsões de fluxos na rede e medições quase em tempo real na fronteira da CEDIS, e previsões de preços do mercado diário. Com base nestes dados, a plataforma otimiza os recursos de flexibilidade disponíveis de acordo com as condições da rede e do mercado e seleciona-os por ordem de mérito, por custo de ativação crescente. A CEDIS confirma e desencadeia a ativação, e a FLEXIA envia os setpoints correspondentes aos ativos selecionados. As ações esperadas incluem deslocamento de carga, aumento de carga para absorver geração renovável que de outra forma seria cortada, redução de carga para responder a congestionamentos ou a eventos de preço elevado, carga ou descarga de BESS e reescalonamento de processos. A flexibilidade resultante é disponibilizada à CEDIS para aumentar o autoconsumo na sua rede, mitigar o corte de produção renovável e o congestionamento associado, e otimizar as trocas com o mercado grossista de eletricidade.

TABELA 18: PILOTO #1 - UC-IT-03 INFORMAÇÃO ESPECÍFICA DO CASO DE USO

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento de Gatilho	Pedido de serviço de flexibilidade da CEDIS devido a: (a) corte de produção renovável (necessária flexibilidade descendente – aumento de carga); ou (b) preços de importação elevados no mercado grossista ou congestionamento da rede local (necessária flexibilidade ascendente – redução de carga).
Dados de Entrada / Variáveis	Calendários e dados quase em tempo real dos locais industriais; previsões e dados quase em tempo real de geração fotovoltaica e de outras fontes; previsões de fluxos na rede e medições quase em tempo real na fronteira da CEDIS; previsão de preços do mercado diário.
Lógica de decisão	A plataforma FLEXIA realiza a otimização com base nas condições da rede e do mercado e seleciona recursos por ordem de mérito (custo de ativação crescente). A CEDIS confirma e desencadeia a ativação.

Ação Esperada	Deslocamento de carga / aumento de carga (para absorver produção que seria cortada) / redução de carga (para congestionamentos ou eventos de preço elevado) / carga ou descarga de BESS / reescalonamento de processos.
Resultado esperado	Flexibilidade ativada e disponibilizada à CEDIS para maximizar o autoconsumo na sua rede, resolver o corte de produção renovável e os congestionamentos associados na rede, e otimizar as trocas no mercado grossista.

Sistemas, Dados e Restrições

Sistemas envolvidos: plataforma FLEXIA; EMS de cada ativo; sistema SCADA da CEDIS; ferramentas de previsão de geração fotovoltaica, carga e preços de mercado; interface de mercado GME/Piclo (para a operação simulada do LFM); interfaces com plataformas de mercado.

Informação utilizada: dados de consumo em tempo real e previsões ao nível dos ativos; previsão e produção quase em tempo real da geração fotovoltaica; medições de fluxos na rede no ponto de interligação da CEDIS; preços do mercado grossista (DAM); ofertas de flexibilidade dos locais industriais (capacidade, preço, disponibilidade).

Restrições técnicas e operacionais: limites de capacidade por ativo; restrições de estado de carga e de ciclos do BESS; carga mínima e taxas de rampa do eletrolisador; limites de temperatura de processo para cargas térmicas; duração máxima do setpoint; requisitos de cibersegurança para ativação remota.

Restrições de mercado e regulatórias: acordos contratuais bilaterais entre a CEDIS e os consumidores industriais (que definem obrigações de flexibilidade, remuneração e penalizações); condições do mercado grossista para a CEDIS (preços diferentes para défice e excedente no mercado italiano do GME); ausência de um mecanismo formal de LFM para a CEDIS (simulação necessária).

Cenário de Uso Principal

Gatilho: A CEDIS deteta um evento iminente de sobreprodução fotovoltaica (geração local excedente provavelmente a exceder os limites de exportação da rede) ou um período de preços grossistas elevados (oportunidade de otimização de custos de importação). A plataforma FLEXIA é notificada e inicia o ciclo de agendamento.

Avaliação: A plataforma recolhe dados quase em tempo real e previsões de todos os ativos e da fronteira da rede, avaliando a flexibilidade ascendente ou descendente disponível em todo o portefólio.

Decisão: A plataforma seleciona os recursos por ordem de mérito, fazendo corresponder as ofertas de flexibilidade dos locais industriais à necessidade específica da rede (direção, volume, momento). A CEDIS confirma o plano de ativação.

Ativação: A CEDIS emite um sinal de ativação. A plataforma FLEXIA envia setpoints para os EMS de cada ativo. Os ativos respondem aumentando ou reduzindo a sua carga dentro das restrições operacionais.

Monitorização e resultado: A plataforma monitoriza a resposta de flexibilidade de cada ativo e verifica o cumprimento da direção e do volume solicitados. Os resultados são registados para liquidação ao abrigo dos contratos bilaterais e para reporte de KPIs. Os desvios residuais desencadeiam medidas corretivas com outros recursos disponíveis.

3.2.2 Local Piloto #2: Piloto Austríaco

Visão Geral dos Casos de Uso do Piloto

O piloto austríaco investiga de que forma a flexibilidade de dois locais industriais no sudeste da Estíria pode ser utilizada de forma mais eficaz em diferentes condições do mercado e do sistema energético. O piloto é composto pela Gsellmann Mischfuttererzeugung, uma empresa de produção de rações com processos de moagem e de produção intensivos em eletricidade, e pela Fleischhof Raabtal, uma empresa de processamento de carne cuja procura de eletricidade é fortemente influenciada pelas necessidades contínuas de refrigeração e de armazenamento frigorífico.

No piloto austríaco, três Casos de Uso abordam aspetos complementares da flexibilidade industrial. O primeiro Caso de Uso – UC-AT-01 – centra-se na resposta flexível do consumo industrial de eletricidade a preços dinâmicos indexados aos preços do mercado diário (Day-Ahead). Considera de que forma a flexibilidade identificada nos processos industriais, juntamente com a geração fotovoltaica no local e o armazenamento disponível, poderá ser utilizada para deslocar o consumo de eletricidade para períodos mais favoráveis.

O segundo Caso de Uso – UC-AT-02 – explora o desenvolvimento de um possível mercado futuro de flexibilidade ao nível da distribuição na Áustria. Como esse mercado não existe atualmente, o Caso de Uso investiga de que forma a flexibilidade industrial poderá contribuir para o alívio do congestionamento da rede de distribuição e para uma melhor integração da geração renovável num possível futuro mercado do DSO.

O terceiro Caso de Uso – UC-AT-03 – alarga esta perspetiva ao analisar a potencial coordenação da flexibilidade industrial entre o possível futuro mecanismo ao nível do DSO abordado no UC-AT-02 e os mecanismos de flexibilidade existentes ao nível do TSO.

A abordagem difere entre os três Casos de Uso. O UC-AT-01 está ligado à análise da flexibilidade industrial em resposta aos preços dinâmicos do mercado diário. O UC-AT-02 e o UC-AT-03 são sobretudo exploratórios e baseados em informação, uma vez que não existe atualmente um mercado de flexibilidade do DSO na Áustria e não se assume a participação direta dos locais piloto individuais nos mercados de flexibilidade do TSO. Estes Casos de Uso combinam, por isso, a investigação das condições de mercado e regulatórias relevantes, a troca de conhecimento com os parceiros do LEONARDO, a definição e avaliação de cenários representativos e o feedback do ecossistema piloto austríaco. Os resultados esperados são conceitos avaliados e recomendações práticas, e não ativações reais nos mercados do DSO ou do TSO.

TABELA 19: PILOTO #2: VISÃO GERAL DO CASO DE USO

UC ID	Título do Caso de Uso	Foco principal

UC-AT-01	Explorar estratégias diversificadas de participação no mercado de energia na Áustria	Explorar a resposta flexível do consumo industrial de eletricidade a preços dinâmicos indexados aos preços do mercado diário, considerando a flexibilidade disponível dos processos, a geração fotovoltaica no local e o armazenamento.
UC-AT-02	Desenho de mercado de flexibilidade ao nível da distribuição	Explorar de que forma a flexibilidade industrial pode contribuir para o alívio do congestionamento num possível futuro mercado de flexibilidade ao nível da distribuição na Áustria.
UC-AT-03	Coordenação de Flexibilidade Multinível	Avaliar como a flexibilidade industrial poderia potencialmente ser coordenada entre um possível futuro mecanismo de flexibilidade ao nível do DSO e os mecanismos existentes ao nível do TSO.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Explore Estratégias Diversificadas de Participação no Mercado de Energia na Áustria

Descrição do Caso de Uso - UC-AT-01

O UC-AT-01 investiga de que forma a flexibilidade disponível nos dois locais industriais austríacos poderá ser utilizada de forma mais económica em resposta a preços dinâmicos da eletricidade indexados aos preços do mercado diário. É dada especial atenção à coordenação do consumo industrial flexível com os sinais de preço do mercado diário, a geração fotovoltaica no local e a disponibilidade de armazenamento ou de flexibilidade equiparável a armazenamento.

Na Gsellmann, a avaliação centra-se na coordenação da moagem e de outras cargas de produção deslocáveis com os preços de mercado, a disponibilidade de produção fotovoltaica e a futura operação do sistema de armazenamento em baterias. Na Fleischhof Raabtal, o principal potencial reside na adaptação da operação de refrigeração dentro dos limites de temperatura, higiene e cadeia de frio aplicáveis, por exemplo através do pré-arrefecimento em períodos de preços ou de geração fotovoltaica favoráveis.

O Caso de Uso não requer licitações automáticas no mercado nem controlo remoto direto do equipamento industrial. O resultado esperado é uma comparação baseada em evidências das estratégias operacionais viáveis e das respetivas recomendações para os locais industriais.

TABELA 20: PILOTO #2 - UC-AT-01: PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-AT-01 – Explorar estratégias diversificadas de participação no mercado de energia na Áustria
Breve descrição	Avaliar a flexibilidade do consumo industrial de eletricidade em resposta a preços dinâmicos da eletricidade indexados aos preços do

	mercado diário, tendo em conta a flexibilidade disponível dos consumidores industriais.
Objetivo / Propósito	Analisar de que forma a flexibilidade disponível dos locais industriais pode ser otimizada em resposta aos sinais de preço do mercado diário, com especial ênfase na utilização eficaz da geração fotovoltaica no local e do armazenamento de energia disponível.
Nível de sistema abrangido	Processo industrial / mercado
Resultado esperado	Identificação de estratégias operacionais adequadas com base nas características reais de flexibilidade dos processos relevantes, incluindo a quantificação do potencial de redução do custo da eletricidade, de aumento do autoconsumo fotovoltaico e de utilização mais eficaz do armazenamento disponível e da flexibilidade equiparável a armazenamento.

Contexto Industrial - UC-AT-01

O Caso de Uso abrange dois setores industriais relacionados com alimentos com características de flexibilidade diferentes.

A Gsellmann opera uma instalação de produção de rações intensiva em eletricidade. A moagem e a trituração representam cargas particularmente relevantes, podendo existir flexibilidade adicional nos processos de produção e de transporte associados. A lógica de gestão de carga existente já prioriza ou reduz temporariamente cargas selecionadas para se manter dentro da capacidade de ligação à rede contratada. Os moinhos podem, dentro dos limites do processo, alternar entre os estados em carga, em vazio e desligado. No entanto, a flexibilidade está geralmente limitada a períodos curtos, uma vez que as encomendas de produção, a procura dos clientes e a continuidade do processo continuam a ser as principais prioridades operacionais.

Na Fleischhof Raabtal, a refrigeração e a congelação são necessárias de forma contínua para garantir a qualidade do produto, a higiene e a segurança alimentar. A flexibilidade só pode ser obtida dentro dos intervalos de temperatura permitidos e da inércia térmica das áreas refrigeradas. As estratégias potenciais incluem o pré-arrefecimento antes de períodos de preços elevados da eletricidade ou a redução temporária da procura de refrigeração durante períodos curtos e desfavoráveis, desde que os limites de temperatura especificados sejam respeitados.

TABELA 21: PILOTO #2 - UC-AT-01: CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Produção de rações – Gsellmann Mischfuttererzeugung; processamento de carne com refrigeração contínua – Fleischhof Raabtal
Principais Processos Industriais Relevantes	Gsellmann: receção de cereais, secagem, moagem, mistura, transporte e operação de silos. Fleischhof Raabtal: abate e processamento de carne,

	armazenamento frigorífico, refrigeração contínua, ventilação e linhas de processamento
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	Gsellmann: moagem e trituração. Fleischhof Raabtal: compressores de refrigeração, pré-arrefecimento e armazenamento frigorífico
Escala de Flexibilidade	Ativo individual / local industrial
Nível de Controlo	Sistemas de controlo existentes ao nível dos ativos e do local, apoiados por funções de gestão de energia e de gestão de carga

Contexto de Mercado e Sistema - UC-AT-01

O UC-AT-01 aborda a resposta flexível do consumo industrial de eletricidade a preços dinâmicos indexados aos preços do mercado diário. O principal gatilho externo é a evolução dos preços da eletricidade no mercado diário. As previsões de geração fotovoltaica, os calendários de produção, as condições dos processos e a disponibilidade de armazenamento determinam se, e em que medida, as oportunidades identificadas relacionadas com os preços podem ser aproveitadas.

O Caso de Uso avalia de que forma as cargas flexíveis poderão ser deslocadas de períodos com preços mais elevados para períodos com preços mais baixos ou com maior disponibilidade de geração fotovoltaica no local. Na Gsellmann, o sistema de armazenamento em baterias introduz uma opção adicional para deslocar o consumo de eletricidade no tempo, logo que esteja operacional e os dados operacionais necessários estejam disponíveis. Na Fleischhof Raabtal, a refrigeração e o armazenamento frigorífico podem proporcionar uma flexibilidade equiparável a armazenamento através da sua inércia térmica, sujeita aos limites de temperatura definidos.

TABELA 22: PILOTO #2 - UC-AT-01: CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DE CASOS DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Mercado grossista / otimização interna de energia
Mercado-alvo	Mercado diário (Day-Ahead)
Categoria de gatilho	Preço / previsão / calendário
Nível de maturidade	Existente / simulado
Principal Fator de Valor	Poupança / aprendizagem
Fluxo de Receita / Benefícios	Redução de custos / melhoria do autoconsumo fotovoltaico / maior utilização da flexibilidade de armazenamento

Atores do Caso de Uso - UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Fornece informações sobre produção, consumo de eletricidade, PV, armazenamento e processos, e avalia se as alterações operacionais propostas são compatíveis com os requisitos de produção.

Fleischhof Raabtal: Fornece informações sobre eletricidade, refrigeração, temperatura, fotovoltaica e de processos, define limites de cadeia de frio, higiene e produção e avalia a viabilidade operacional de pré-arrefecimento ou outros ajustes na operação de refrigeração.

EVON: Fornece os dados de energia e de processo necessários dos locais industriais piloto e assegura que a informação relevante está disponível para a análise. Como os seus sistemas estão instalados nos locais industriais, a EVON contribui também com o conhecimento da lógica de controlo e de gestão de cargas existente.

LEONARDO / iFAAP: Analisa a flexibilidade industrial disponível e avalia estratégias operacionais alternativas, tendo em conta os sinais de preço do mercado diário, a geração fotovoltaica, as opções de armazenamento e as restrições de processo. Com base nesta avaliação, são geradas opções de otimização e recomendações.

EEE e os parceiros do ecossistema piloto austríaco: Coordenam o Caso de Uso, interpretam e discutem os resultados da análise, recolhem o feedback dos locais industriais e traduzem os resultados em recomendações práticas.

Operação do Caso de Uso - UC-AT-01

O Caso de Uso destina-se a avaliar de que forma a flexibilidade industrial disponível poderá ser utilizada em resposta aos preços da eletricidade do mercado diário. A informação relevante sobre preços, energia e processos servirá de base para comparar possíveis estratégias operacionais com a operação de referência.

Serão consideradas restrições técnicas e operacionais na avaliação. Espera-se que os resultados identifiquem opções de otimização viáveis e apoiem o desenvolvimento de recomendações para os locais industriais. O feedback dos locais será utilizado para aperfeiçoar ainda mais estas recomendações.

TABELA 23: PILOTO #2 - UC-AT-01: OPERAÇÃO DE CASOS DE USO

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento de Gatilho	Sinais de preço da eletricidade do mercado diário e variações de preço relevantes
Dados de Entrada / Variáveis	Procura histórica de eletricidade, geração fotovoltaica, informação de armazenamento, dados de processos e restrições técnicas e operacionais definidas
Lógica de decisão	Avaliação de que ativos flexíveis poderão responder aos sinais de preço do mercado diário dentro das suas restrições operacionais definidas
Ação Esperada	Identificação de potenciais deslocamentos de carga e de ativos flexíveis adequados

Resultado esperado	Recomendações sobre como os ativos flexíveis identificados poderiam reduzir os custos de eletricidade e melhorar a utilização da geração fotovoltaica no local e a flexibilidade disponível

Sistemas, Dados e Restrições - UC-AT-01

Sistemas envolvidos: interfaces de dados EVON, componentes LEONARDO/iFAAP e fontes de dados do mercado diário (Day-Ahead).

Informação utilizada: dados históricos e regularmente atualizados de carga e de processo, informação sobre produção fotovoltaica e armazenamento, preços do mercado diário e limites de flexibilidade definidos.

Restrições técnicas e operacionais: calendários de produção e prioridades de gestão de carga na Gsellmann; requisitos de temperatura, cadeia de frio, higiene e processamento na Fleischhof Raabtal.

Restrições de mercado e regulatórias: o benefício económico depende dos contratos de fornecimento de eletricidade e da sua indexação aos preços do mercado diário.

Cenário de Uso Principal - UC-AT-01

Gatilho: Os preços do mercado diário indicam períodos de preço comparativamente favoráveis ou desfavoráveis para o dia seguinte.

Avaliação: São utilizados dados industriais de carga, produção fotovoltaica, armazenamento e processos para avaliar que ativos flexíveis poderão responder aos sinais de preço dentro das suas restrições técnicas e operacionais.

Decisão: As opções potenciais de operação são comparadas com a operação de referência relativamente aos custos de eletricidade, autoconsumo fotovoltaico, utilização de armazenamento e viabilidade operacional.

Ativação: As opções viáveis são traduzidas em recomendações para os locais industriais.

Monitorização e resultado: São quantificados os potenciais efeitos no consumo de eletricidade, nos custos e no autoconsumo fotovoltaico. O feedback dos locais industriais apoia o aperfeiçoamento dos pressupostos e das recomendações.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Design de Mercado de Flexibilidade ao Nível de Distribuição

Descrição do Caso de Uso - UC-AT-02

O UC-AT-02 irá explorar como a flexibilidade industrial poderá contribuir para o alívio do congestionamento num futuro mercado de flexibilidade ao nível de distribuição na Áustria. Irá abordar os desafios da rede de distribuição resultantes dos picos crescentes tanto na geração descentralizada como na procura de eletricidade. Uma melhor coordenação do consumo industrial flexível com períodos de elevada geração renovável poderá ajudar a reduzir tanto os picos de

importação como de exportação da rede e apoiar uma utilização mais eficiente da capacidade disponível da rede.

Como atualmente não existe um mercado estabelecido de flexibilidade DSO na Áustria, o Caso de Uso considerará cenários representativos futuros de mercado e rede. Estes cenários serão combinados com informações sobre a flexibilidade disponível nos dois locais industriais para avaliar como as necessidades potenciais da rede poderão ser traduzidas em pedidos de flexibilidade e alinhadas com respostas industriais adequadas.

Um objetivo importante do Caso de Uso é sensibilizar os locais industriais para a crescente relevância da flexibilidade relacionada com a rede. Embora o seu foco económico atual incida sobretudo nos preços da eletricidade, o Caso de Uso trará para a discussão, numa fase inicial, possíveis requisitos futuros ao nível do DSO e mecanismos de mercado. Isto incentivará os locais industriais a considerar a flexibilidade relacionada com a rede nas suas futuras decisões de gestão energética e de investimento.

A avaliação irá basear-se em conceitos de mercado relevantes, parâmetros de cenários e resultados analíticos desenvolvidos no âmbito do LEONARDO. O feedback do ecossistema piloto apoiará a avaliação da sua aplicabilidade ao contexto austríaco. O resultado esperado é uma abordagem proposta que descreva de que forma a flexibilidade industrial poderá ser solicitada e utilizada num futuro mecanismo de flexibilidade ao nível do DSO, juntamente com recomendações para apoiar a preparação antecipada dos locais industriais.

TABELA 24: PILOTO #2 - UC-AT-02: PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-AT-02 – Desenho de mercado de flexibilidade ao nível da distribuição
Breve descrição	Explorar o desenvolvimento de um novo desenho de mercado para a flexibilidade ao nível da distribuição no ecossistema austríaco, com o objetivo de aliviar o congestionamento da rede de distribuição.
Objetivo / Propósito	Avaliar de que forma a flexibilidade industrial poderá responder a necessidades futuras representativas ao nível do DSO e contribuir para a redução do congestionamento na rede de distribuição.
Nível de sistema abrangido	Processo industrial / mercado do DSO
Resultado esperado	Um mecanismo de flexibilidade ao nível do DSO, proposto e avaliado, que descreve de que forma as necessidades da rede local poderão ser traduzidas em pedidos de flexibilidade, associadas à flexibilidade industrial disponível e comunicadas aos locais industriais participantes.

Contexto Industrial - UC-AT-02

Os recursos industriais considerados no UC-AT-02 são os mesmos processos flexíveis principais identificados para o UC-AT-01. No entanto, o seu propósito potencial muda de responder aos preços

da eletricidade para contribuir para um possível pedido futuro de flexibilidade da rede de distribuição.

Na Gsellmann, a redução temporária ou o deslocamento das cargas de moagem e de produção associadas poderá contribuir para um pedido local de flexibilidade. O sistema interno de gestão de carga existente proporciona uma experiência prática relevante, uma vez que já coordena os equipamentos para se manter dentro da capacidade de ligação à rede contratada. No entanto, qualquer disponibilização externa de flexibilidade teria de permanecer subordinada às obrigações de produção e às encomendas dos clientes.

Na Fleischhof Raabtal, a refrigeração e o armazenamento frigorífico podem oferecer um potencial limitado de deslocamento no tempo através da inércia térmica e do pré-arrefecimento. Qualquer resposta a um possível pedido futuro no mercado do DSO teria de se manter dentro dos intervalos de temperatura definidos e não poderia pôr em risco a cadeia de frio. A duração e o volume da flexibilidade disponível dependeriam, portanto, das condições reais de funcionamento e de temperatura no momento do pedido.

TABELA 25: PILOTO #2 - UC-AT-02 - CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Produção de rações – Gsellmann Mischfuttererzeugung; processamento de carne com refrigeração contínua – Fleischhof Raabtal
Principais Processos Industriais Relevantes	Gsellmann: receção de cereais, secagem, moagem, mistura, transporte e operação de silos. Fleischhof Raabtal: abate e processamento de carne, armazenamento frigorífico, refrigeração contínua, ventilação e linhas de processamento.
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	Gsellmann: moagem, trituração e outras cargas de produção deslocáveis, sempre que operacionalmente viável. Fleischhof Raabtal: compressores de refrigeração e pré-arrefecimento das câmaras de congelados, câmaras de refrigeração e áreas de trabalho com controlo de temperatura.
Escala de Flexibilidade	Ativo individual / local
Nível de Controlo	Sistemas de controlo existentes ao nível dos ativos e do local, apoiados por funções de gestão de energia e de gestão de carga.

Contexto de Mercado e Sistema - UC-AT-02

O UC-AT-02 aborda a gestão de congestionamentos e a integração das energias renováveis num possível futuro mercado de flexibilidade ao nível da distribuição. Serão utilizados cenários representativos para avaliar as potenciais necessidades de flexibilidade ao nível da distribuição e as possíveis respostas industriais.

O Caso de Uso irá explorar como a flexibilidade industrial poderá contribuir para um futuro mecanismo de flexibilidade ao nível da distribuição e que potenciais benefícios poderão resultar.

Como atualmente não existe tal mercado na Áustria, a avaliação será conceptual e baseada em cenários.

TABELA 26: PILOTO #2 - UC-AT-02: CONTEXTO DO MERCADO E DO SISTEMA DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Gestão do congestionamento
Mercado-alvo	Possível futuro mercado de flexibilidade local / do DSO
Categoria de gatilho	Rede / pedido
Nível de maturidade	Futuro / simulado
Principal Fator de Valor	Suporte à rede / fiabilidade / aprendizagem
Fluxo de Receita / Benefícios	Potenciais pagamentos futuros por serviços de rede / alívio do congestionamento / melhor integração das RES

Atores do Caso de Uso - UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Fornece informações sobre cargas de produção flexíveis, práticas de gestão de carga e restrições operacionais.

Fleischhof Raabtal: Fornece informações sobre flexibilidade na refrigeração, condições de temperatura e requisitos da cadeia de frio.

EVON: Fornece dados industriais de energia e processos e conhecimento dos sistemas de controlo existentes ao nível do local.

EEE: Coordena o Caso de Uso, facilita o feedback do ecossistema piloto e comunica recomendações aos locais industriais.

LEONARDO: Contribui com conhecimento de mercado relevante e apoia o desenvolvimento e a avaliação de futuros cenários de flexibilidade.

LEONARDO / iFAAP: Apoia a avaliação da flexibilidade industrial dentro dos cenários definidos.

Possível futuro DSO ou operador de mercado: Representa o ator que identifica as necessidades da rede e solicita flexibilidade num futuro mercado de DSO.

Operação do Caso de Uso - UC-AT-02

O Caso de Uso utilizará cenários representativos de flexibilidade ao nível da distribuição para explorar como os consumidores industriais poderão participar num possível mercado futuro de DSO. A flexibilidade industrial disponível será comparada com as necessidades de flexibilidade assumidas, apoiada por dados industriais e resultados analíticos quando apropriado.

As conclusões serão discutidas com os locais industriais e o ecossistema piloto. O seu feedback apoiará o aperfeiçoamento dos cenários e o desenvolvimento de recomendações para a possível utilização futura da flexibilidade industrial ao nível do DSO.

TABELA 27: PILOTO #2 - UC-AT-02: OPERAÇÃO DE CASOS DE USO

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento de Gatilho	Definição de uma necessidade representativa de flexibilidade ao nível da distribuição ou de um desafio da rede
Dados de Entrada / Variáveis	Informação relevante de mercado e cenários, dados de carga e processos industriais, informação fotovoltaica e de armazenamento e restrições operacionais
Lógica de decisão	Comparação da flexibilidade industrial disponível com as necessidades representativas de flexibilidade e avaliação da sua potencial aplicabilidade
Ação Esperada	Identificação de potenciais respostas de flexibilidade industrial e possíveis abordagens de comunicação
Resultado esperado	Uma avaliação, baseada em cenários, da flexibilidade industrial disponível para uso futuro ao nível do DSO, juntamente com recomendações sobre a forma como poderá ser solicitada e utilizada para reduzir os picos de procura e de injeção e aliviar o congestionamento da rede de distribuição

Sistemas, Dados e Restrições

Sistemas envolvidos: sistemas de monitorização industrial, interfaces de dados EVON, componentes LEONARDO/iFAAP e informação de cenários definidos por projetos.

Informação utilizada: Dados de carga e processos industriais, flexibilidade disponível, informação fotovoltaica e de armazenamento, restrições operacionais e necessidades representativas de flexibilidade ao nível do DSO.

Restrições técnicas e operacionais: requisitos de produção e continuidade do processo em Gsellmann; requisitos de temperatura, higiene, segurança alimentar e cadeia de frio em Fleischhof Raabtal.

Restrições de mercado e regulatórias: ainda não existe um mercado de flexibilidade do DSO na Áustria. A avaliação utilizará, por isso, cenários representativos, sem dados específicos de restrições da rede nem pedidos reais do DSO.

Cenário de Uso Principal

Gatilho: É identificado um desafio relevante ao nível da rede de distribuição, que é traduzido numa necessidade representativa de flexibilidade para um possível futuro mercado do DSO.

Avaliação: A flexibilidade disponível nos locais industriais é comparada com os requisitos do cenário representativo. São tidos em conta dados industriais de carga e de processo, informação sobre produção fotovoltaica e armazenamento, bem como as restrições operacionais.

Decisão: As opções potenciais de resposta são avaliadas quanto à sua viabilidade técnica e operacional. São identificados ativos industriais adequados e possíveis ações de flexibilidade para o respetivo cenário.

Ativação: A resposta selecionada é representada como uma ação de flexibilidade baseada em cenários, mostrando como o consumo industrial poderia potencialmente ser ajustado em resposta a um futuro pedido de DSO.

Monitorização e resultado: A contribuição potencial da flexibilidade industrial para a necessidade assumida da rede é avaliada. Os resultados e o feedback dos locais industriais são usados para refinar o cenário e formular recomendações para um possível futuro mecanismo de flexibilidade ao nível do DSO.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Coordenação de Flexibilidade Multinível

Descrição do Caso de Uso - UC-AT-03

O UC-AT-03 avalia como a flexibilidade industrial poderia ser coordenada entre um possível futuro mecanismo de flexibilidade ao nível DSO e os serviços de flexibilidade existentes ao nível TSO. O Caso de Uso baseia-se na flexibilidade industrial identificada no UC-AT-01 e no possível futuro mecanismo ao nível DSO explorado no UC-AT-02.

O Caso de Uso não assume que as indústrias participarão diretamente nos mercados de flexibilidade ao nível do TSO. A flexibilidade disponível em cada local industrial pode ser demasiado reduzida para a participação direta, e teriam de ser cumpridos requisitos adicionais de acesso ao mercado, agregação, técnicos e de pré-qualificação. De forma semelhante, o mecanismo ao nível do DSO considerado no UC-AT-02 não existe atualmente na Áustria.

Um objetivo importante do UC-AT-03 é, portanto, analisar em que condições locais industriais como a Gsellmann e a Fleischhof Raabtal poderão participar em serviços de flexibilidade ao nível do TSO e de que forma essa participação poderá ser organizada na prática. O Caso de Uso considerará os requisitos técnicos, operacionais, de agregação e de acesso ao mercado relevantes, comparando-os com as características da flexibilidade industrial disponível.

O UC-AT-03 é principalmente uma avaliação conceptual. Irá comparar a flexibilidade industrial disponível com requisitos selecionados ao nível DSO e TSO e examinar como a participação ou coordenação potencial poderá ser estruturada. A avaliação será baseada em informação relevante de mercado, troca de conhecimento e cenários representativos. Os dados industriais e ferramentas analíticas podem apoiar a avaliação, mas não constituem o percurso operacional completo do Caso de Uso.

O resultado esperado é uma avaliação da adequação da flexibilidade industrial disponível para mecanismos ao nível DSO e TSO, incluindo opções adequadas de participação e coordenação e as condições que teriam de ser cumpridas.

TABELA 28: PILOTO #2 - UC-AT-03: PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-AT-03 – Coordenação de Flexibilidade Multinível
Breve descrição	Co-otimizar a oferta de flexibilidade industrial tanto no mecanismo de flexibilidade do DSO concebido como nos mercados de flexibilidade do TSO.
Objetivo / Propósito	Avaliar como a flexibilidade industrial poderia potencialmente ser coordenada entre um possível futuro mecanismo de flexibilidade ao nível do DSO e os mecanismos existentes ao nível do TSO.
Nível de sistema abrangido	Processo industrial / operação de rede / mercado
Resultado esperado	Avaliação da adequação da flexibilidade industrial disponível para mecanismos de flexibilidade ao nível de DSO e TSO, incluindo opções viáveis para a alocação coordenada entre ambos os níveis.

Contexto Industrial - UC-AT-03

O UC-AT-03 considera as características combinadas da flexibilidade disponível nos dois locais industriais. Os diferentes recursos têm diferentes características operacionais e, por isso, podem ser adequados para diferentes tipos de serviços de flexibilidade.

A flexibilidade baseada no processo depende das condições atuais de produção e pode geralmente ser fornecida apenas dentro de janelas de tempo limitadas. A sua disponibilidade é influenciada por cronogramas de produção, continuidade do processo, condições de temperatura e outros requisitos operacionais. O armazenamento em baterias pode oferecer uma resposta mais controlável, sujeita à sua capacidade disponível, estado de carga e condições de operação.

A avaliação distinguirá os recursos disponíveis de acordo com a potência, tempo de resposta, duração, disponibilidade e controlabilidade. As restrições operacionais dos processos industriais mantêm-se aplicáveis em todos os casos e determinam quanta flexibilidade poderia potencialmente ser disponibilizada para uso ao nível DSO ou TSO.

TABELA 29: PILOTO #2 - UC-AT-03: CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Produção de rações – Gsellmann Mischfuttererzeugung; processamento de carne com refrigeração contínua – Fleischhof Raabtal

Principais Processos Industriais Relevantes	Gsellmann: receção de cereais, secagem, moagem, mistura, transporte e operação de silos. Fleischhof Raabtal: abate e processamento de carne, armazenamento frigorífico, refrigeração contínua, ventilação e linhas de processamento.
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	Gsellmann: moagem, trituração e outras cargas de produção deslocáveis, sempre que operacionalmente viável. Fleischhof Raabtal: compressores de refrigeração e pré-arrefecimento das câmaras de congelados, câmaras de refrigeração e áreas de trabalho com controlo de temperatura.
Escala de Flexibilidade	Ativo individual / local
Nível de Controlo	Sistemas existentes de controlo ao nível dos ativos e do local, apoiados por funções de gestão de energia e gestão de carga.

Contexto de Mercado e Sistema - UC-AT-03

O UC-AT-03 considera um possível futuro mecanismo de flexibilidade ao nível do DSO juntamente com os serviços de flexibilidade existentes ao nível do TSO. As condições de participação e os requisitos técnicos relevantes do TSO serão utilizados para avaliar em que condições a flexibilidade industrial disponível poderá ser adequada para esses serviços.

O Caso de Uso considerará também potenciais sobreposições entre a utilização ao nível do DSO e do TSO, uma vez que o mesmo deslocamento de carga ou a mesma capacidade de armazenamento não podem ser comprometidos nos dois níveis ao mesmo tempo. As possíveis opções de coordenação serão avaliadas com base na adequação técnica, no momento e nas restrições operacionais. A avaliação mantém-se teórica e não assume a participação real dos locais piloto no mercado.

TABELA 30: PILOTO #2 - UC-AT-03: CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Serviços auxiliares / gestão de congestionamento
Mercado-alvo	Equilíbrio / possível futura flexibilidade local / DSO–TSO
Categoria de gatilho	Rede / pedido
Nível de maturidade	Existente / futuro / simulado
Principal Fator de Valor	Suporte à rede / receitas / aprendizagem
Fluxo de Receita / Benefícios	Melhor utilização da flexibilidade disponível / potencial remuneração proveniente da prestação de flexibilidade

Atores do Caso de Uso - UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Fornece informações sobre processos de produção flexíveis, armazenamento e restrições operacionais relevantes.

Fleischhof Raabtal: Fornece informações sobre flexibilidade na refrigeração e requisitos relevantes de cadeia de frio, higiene e produção.

EVON: Fornece informação sobre energia industrial e processos e conhecimento sobre as capacidades existentes de monitorização e controlo.

EEE: Coordena o Caso de Uso, facilita a troca dentro do ecossistema piloto austríaco e consolida as recomendações resultantes.

LEONARDO e parceiros do ecossistema piloto: Contribuem com conhecimento sobre os mecanismos de flexibilidade ao nível do DSO e do TSO, os modelos de agregação e as condições de participação relevantes.

Potencial agregador, ESCO ou Prestador de Serviços de Equilíbrio: Representa um possível intermediário para agregar a flexibilidade industrial e facilitar o acesso a serviços ao nível do TSO.

DSO e TSO: Representam os atores do sistema e os requisitos considerados na avaliação teórica da coordenação.

Operação do Caso de Uso - UC-AT-03

O Caso de Uso irá examinar mecanismos relevantes de flexibilidade TSO e condições de participação, juntamente com o possível mecanismo futuro ao nível DSO considerado no UC-AT-02.

As características da flexibilidade industrial disponível serão comparadas com as condições identificadas. A informação do local piloto pode apoiar a avaliação de se a flexibilidade poderá ser adequada para uso ao nível DSO, TSO, ou ambos.

Quando os usos potenciais se sobrepõem, serão considerados possíveis princípios de alocação e coordenação, tendo em conta a adequação técnica, o calendário e a disponibilidade operacional. Os resultados serão discutidos com os locais industriais e o ecossistema piloto e traduzidos em recomendações relativas à possível participação e coordenação.

TABELA 31: PILOTO #2 - UC-AT-03: OPERAÇÃO DE CASOS DE USO

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento de Gatilho	Identificação de um mecanismo de flexibilidade relevante ao nível da TSO para avaliar a potencial participação dos locais industriais.
Dados de Entrada / Variáveis	Características e restrições operacionais da flexibilidade industrial disponível; condições relevantes de participação ao nível do TSO; calendário e disponibilidade.
Lógica de decisão	A flexibilidade industrial disponível será comparada com as condições relevantes ao nível do TSO. Serão então avaliadas as opções potenciais

	de participação e a sua coordenação com o possível uso ao nível do DSO.
Ação Esperada	Identificação e comparação das possíveis opções de participação e coordenação ao nível do TSO.
Resultado esperado	Avaliação da potencial adequação da flexibilidade industrial disponível para mecanismos ao nível TSO, juntamente com recomendações para a sua possível coordenação com o uso ao nível DSO.

Sistemas, Dados e Restrições - UC-AT-03

Sistemas envolvidos: Sistemas industriais de monitorização e controlo, EVON como centro de dados e fontes de informação relevantes sobre mecanismos de flexibilidade ao nível de TSO.

Informação utilizada: Carga industrial, dados fotovoltaicos e de armazenamento, flexibilidade disponível, restrições operacionais e condições relevantes de participação ao nível do TSO. A possível coordenação com o uso ao nível do DSO é considerada quando relevante.

Restrições técnicas e operacionais: A disponibilidade de flexibilidade depende do estado operacional dos processos industriais e dos seus requisitos de produção e cadeia de frio. A mesma flexibilidade não pode ser atribuída simultaneamente a diferentes mecanismos.

Restrições de mercado e regulatórias: A participação nos mecanismos de flexibilidade existentes ao nível do TSO depende das condições aplicáveis de acesso ao mercado e de agregação. A coordenação com possíveis utilizações futuras ao nível do DSO será, portanto, avaliada de forma conceptual.

Cenário de Uso Principal - UC-AT-03

Gatilho: Foi identificado um mecanismo relevante de flexibilidade ao nível da TSO para avaliar a potencial participação dos locais industriais.

Avaliação: A flexibilidade industrial disponível e as suas restrições operacionais são comparadas com as condições de participação relevantes ao nível do TSO. A possível coordenação com o uso ao nível do DSO é considerada quando relevante.

Decisão: São identificadas opções de participação adequadas e potenciais sobreposições entre o uso ao nível de TSO e DSO. As possíveis opções de coordenação são avaliadas respeitando as restrições operacionais dos locais industriais.

Ativação: As opções identificadas são representadas através de um cenário conceptual de participação e coordenação.

Monitorização e resultado: São avaliados a potencial adequação e os benefícios das opções identificadas. O feedback dos locais industriais e do ecossistema piloto apoia a formulação de

recomendações para uma possível participação futura e para a coordenação da flexibilidade a vários níveis.

3.2.3 Local Piloto #3: Piloto Búlgaro-Grego

Visão Geral dos Casos de Uso do Piloto

O local piloto búlgaro-grego é um cluster industrial transnacional que abrange duas áreas de equilíbrio adjacentes e interligadas: a área de equilíbrio de Sófia, operada pelo TSO búlgaro ESO, e a área de Salónica, operada pelo TSO grego IPTO. As duas áreas estão ligadas pela interligação transfronteiriça de transporte Bulgária–Grécia, que é o elemento físico que torna possível a dimensão transfronteiriça do piloto. A UPAT atua como coordenadora do piloto, tanto do lado búlgaro como do lado grego.

Do lado búlgaro, o piloto está estruturado como um cluster industrial liderado pela STOMANA Industry, que inclui ainda a SofiaMed e a ETEM Gestamp, reunindo processos intensivos em eletricidade dos setores do aço, do cobre e do alumínio. A STOMANA Industry, um dos principais fabricantes de aço, cuja fábrica compreende quatro áreas de produção principais (aciaria, laminador de chapas, laminador e moinho de bolas), está entre os cinco maiores consumidores de eletricidade da Bulgária. A STOMANA está ligada à muito alta tensão e opera sistemas EMS da Schneider Electric. Participa diretamente nos mercados búlgaros diário e intradiário operados pela IBEX, atuando como a sua própria Parte Responsável pelo Equilíbrio (BRP), e, no piloto, assume ainda o papel de agregador de flexibilidade do cluster industrial búlgaro que lidera. A SofiaMed contribui com processos de fundição, laminagem e extrusão das suas operações de processamento de cobre, apoiados por monitorização energética ao nível do local e do processo. A ETEM Gestamp contribui com cargas de extrusão de alumínio e de processamento a jusante e com geração fotovoltaica no local, operando com infraestrutura EMS da Schneider.

Do lado grego, o piloto envolve o Complexo Industrial de Salónica da HELLENiQ ENERGY, uma refinaria do tipo hydroskimming que opera um processo contínuo de refinação, que começa com a destilação do crude e continua com o processamento secundário e o hidrotratamento, juntamente com a produção petroquímica associada. O complexo está ligado à rede de transporte do IPTO, opera os sistemas EMS Powernet e Protasis Zenon e dispõe de uma extensa base de telemetria. Participa nos mercados de energia gregos diário e intradiário, operados pela HEnEx, através de um agregador e não diretamente.

O Acordo de Subvenção (GA) define dois Casos de Uso para o piloto búlgaro-grego: um Caso de Uso de agregação (clustering) a nível nacional, limitado ao lado búlgaro (GA-UC#1), e um Caso de Uso de agregação transfronteiriça de flexibilidade industrial que abrange as duas áreas de equilíbrio (GA-UC#2). Ao contrário do piloto italiano, o consórcio búlgaro-grego manteve a estrutura original de dois Casos de Uso sem reestruturação, uma vez que estes já correspondem a dois perímetros de sistema distintos e complementares e o segundo assenta diretamente no primeiro. O trabalho de modelação realizado no âmbito da T2.3 restringiu, no entanto, o âmbito de mercado de ambos os Casos de Uso, à luz dos papéis de mercado efetivamente detidos pelas indústrias participantes e das evidências disponibilizadas pelo inquérito ao piloto. O mapeamento para os Casos de Uso originais do GA é o seguinte:

- **UC-BGGR-01 – Flexibilidade industrial búlgara agregada a nível nacional** abrange a dimensão de agregação nacional do GA-UC#1. O GA previa a participação nos mercados grossistas búlgaros de energia e de reservas, com a STOMANA a atuar simultaneamente como BRP e BSP. O Caso de Uso modelado mantém a participação no mercado diário búlgaro, mas restringe a dimensão de equilíbrio ao mercado de energia de equilíbrio, com a STOMANA a atuar como BRP. A participação como BSP no mercado de capacidade de reserva não é abordada nesta fase, pois exigiria a pré-qualificação do cluster agregado, que atualmente não existe. Trata-se de uma restrição deliberada ao que pode ser modelado e avaliado de forma credível com base nas evidências disponíveis, e não de uma redução da ambição global do piloto.
- **UC-BGGR-02 – Flexibilidade industrial agregada transfronteiriça BG/GR** abrange o GA-UC#2. O GA descreve um cenário em que a flexibilidade do cluster búlgaro participa implicitamente, ou seja, sem uma plataforma central, no mercado de equilíbrio grego operado pelo IPTO através do agregador de flexibilidade certificado PPC, explorando a margem remanescente nas linhas de interligação, dado que o fecho do mercado grego de reservas ocorre depois do fecho do mercado diário. O Caso de Uso modelado preserva este cenário e alarga-o a uma avaliação comparativa: as ofertas são otimizadas para os mercados diário e de energia de equilíbrio dos dois lados da fronteira, de modo que o potencial de arbitragem entre mercados e o valor da margem de interligação disponível sejam quantificados em vez de assumidos.

Em ambos os Casos de Uso, a plataforma iFAAP constitui a base tecnológica comum, situando-se acima da camada de EMS industrial nos dois locais piloto. Ambos os Casos de Uso assentam na mesma metodologia de caracterização da flexibilidade, em que cada processo industrial é associado a um arquétipo, classe e subtipo de flexibilidade, e o envelope operacional resultante é utilizado como conjunto de restrições da otimização. Ambos dependem também dos mecanismos proativos de previsão da procura e da flexibilidade desenvolvidos na T4.1 e da previsão de preços dos mercados de energia e de utilização da flexibilidade desenvolvida na T4.2, ambas lideradas pela UPAT. O nível de maturidade de ambos os Casos de Uso é classificado como Futuro: nem o agregado nacional nem o agregado transfronteiriço operam atualmente como entidade agregada de licitação, e o piloto irá avaliá-los através de modelação e simulação com base em dados medidos nas instalações.

TABELA 32: PILOTO #3 – VISÃO GERAL DO CASO DE USO

UC ID	Título do Caso de Uso	Foco principal
UC-BGGR-01	Flexibilidade industrial búlgara agregada a nível nacional	Agregar a flexibilidade do cluster STOMANA na área de equilíbrio de Sófia e desenvolver uma abordagem estratégica de licitação para os mercados búlgaros diário e de equilíbrio através do iFAAP, com a STOMANA a atuar como agregador do cluster e BRP
UC-BGGR-02	Flexibilidade industrial agregada transfronteiriça BG/GR	Avaliar a viabilidade e o valor de agregar o cluster STOMANA juntamente com a HELLENiQ ENERGY nas áreas de equilíbrio ESO e IPTO, explorando a

		margem de interligação BG–GR disponível e quantificando o potencial de arbitragem entre mercados

3.2.3.1 UC-BGGR-01 –Flexibilidade industrial búlgara agregada a nível nacional

Descrição do Caso de Uso - UC-BGGR-01

O UC-BGGR-01 é o Caso de Uso base do piloto búlgaro-grego. O seu objetivo é agregar a flexibilidade industrial disponível no cluster nacional búlgaro liderado pela STOMANA Industry e otimizar a sua utilização através da plataforma iFAAP, de modo a conceber uma abordagem estratégica de licitação para os mercados búlgaros grossista de energia e de energia de equilíbrio. O Caso de Uso opera inteiramente na área de equilíbrio de Sófia e envolve, portanto, um único TSO, um único ambiente de mercado e um único conjunto de regras nacionais de mercado, o que o torna o mais simples dos dois Casos de Uso e a base natural sobre a qual assenta o Caso de Uso transfronteiriço UC-BGGR-02. A questão técnica central é saber até que ponto a duração e o momento dos processos de fabrico intensivos em energia podem ser alterados ou reduzidos, mantendo o equilíbrio entre a rapidez e o imperativo da qualidade do produto e da segurança das instalações. O resultado esperado é uma avaliação baseada em evidências sobre que processos são efetivamente flexíveis e em que medida, juntamente com uma abordagem validada de agregação e licitação que respeite essas restrições.

TABELA 33: PILOTO #3 - UC-BGGR-0: PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-BGGR-01 — Flexibilidade industrial búlgara agregada a nível nacional
Breve descrição	Agregar as cargas industriais e ativos do cluster STOMANA para participação nos mercados grossistas de energia e equilíbrio búlgaros.
Objetivo / Propósito	Otimizar a flexibilidade industrial agregada búlgara através do iFAAP e desenvolver uma abordagem estratégica de licitação para os mercados búlgaros grossista e de equilíbrio (neste último, será considerada apenas a participação no mercado de energia de equilíbrio enquanto BRP).
Nível de sistema abrangido	Processos industriais / EMS do local / plataforma de agregação / sistema de transporte búlgaro / mercados grossista e de reserva.
Resultado esperado	Avaliação baseada em evidências de processos flexíveis e uma abordagem validada de agregação/licitação que respeita a qualidade da produção e as restrições de segurança.

Contexto Industrial - UC-BGGR-01

O Caso de Uso é implementado em três ambientes industriais intensivos em eletricidade. O potencial de flexibilidade do cluster é dominado pela aciaria da STOMANA, onde a sucata metálica é transformada em aço líquido através de dois fornos de arco elétrico (reportados como EAF 1, com 120 MVA, e EAF 3, com 75 MVA), dois fornos-panela (LF 1 e LF 2, com 18 MVA cada), as máquinas de vazamento contínuo (aproximadamente 5 MVA) e um desgaseificador a vácuo (aproximadamente 1 MW). O laminador de chapas, o laminador e o moinho de bolas completam a cadeia de processos da STOMANA. Estes processos são considerados flexíveis por serem do tipo lote: cada corrida consome uma potência elevada e essencialmente fixa durante um período limitado e pode, em princípio, ser iniciada mais cedo ou mais tarde dentro do plano de produção sem alterar a energia total necessária. A SofiaMed contribui com três grupos de processamento de cobre intensivos em eletricidade: fundição (7 MW de pico, ~34 GWh/ano), laminagem (~9 MW, ~42 GWh/ano) e extrusão (~2 MW, ~10 GWh/ano). Os três são identificados como processos reescalonáveis e, por isso, a sua flexibilidade reside na possibilidade de ajustar o seu calendário de operação, cumprindo sempre os requisitos de produção. A ETEM Gestamp contribui com extrusão de alumínio (~3,39 MW, 15,57 GWh/ano), processamento secundário (1 MW, 4,5 GWh/ano) e um grupo adicional de processos industriais (0,8 MW, 0,6 GWh/ano), todos classificados como processos reescalonáveis de potência fixa e monitorizados com resolução de 15 minutos. Espera-se que a sua flexibilidade resulte sobretudo do deslocamento ou da interrupção da sua operação dentro dos limites permitidos pelo calendário de produção, e não da variação da sua potência de funcionamento. Em conjunto, formam um portefólio heterogéneo de recursos industriais de flexibilidade, que abrange grandes cargas de produção de aço e processos de transformação e extrusão de metais de menor escala. Conforme reportado na Secção 2.2.3, o inquérito identifica quatro ativos flexíveis ou grupos de processos na STOMANA, todos classificados no arquétipo Processo reescalonável (Classe A), com o subtipo Processo interruptível de potência fixa:

- **Fusão de sucata (fornos de arco elétrico):** 195 MVA instalados, 205,08 GWh/ano, carga máxima não coincidente de 107 MW, pico durante o dia.
- **Metalurgia secundária (fornos-panela):** 36 MVA instalados, 26,53 GWh/ano, carga máxima de 34,8 MW, pico durante o dia.
- **Restante aciaria (fundição):** 13 MVA instalados, dos quais aproximadamente 5 MVA correspondem ao processo de fundição, 22,59 GWh/ano, carga máxima de 11,3 MW, pico durante o dia. Da carga total do restante da aciaria, apenas o processo de fundição é considerado capaz de proporcionar flexibilidade.
- **Unidades de filtragem:** 17 MVA instalados, 18,4 GWh/ano, carga máxima de 14,4 MW, pico durante a noite.

As potências dos motores das unidades individuais da aciaria estão confirmadas, mas a capacidade flexível, o momento em que pode ser oferecida e a sua disponibilidade continuam dependentes da validação dos limites do processo, que está a ser feita no piloto. A restrição dominante em todos os ativos é o conjunto de limites de processo inerentes à produção siderúrgica, em combinação com o calendário de produção e com os requisitos de qualidade, segurança e manutenção. A flexibilidade é controlada ao nível do EMS industrial, com coordenação ao nível do cluster; os modelos detalhados de automação e de autoridade de controlo requerem ainda validação pelos parceiros.

Na SofiaMed, o inquérito identifica três grandes grupos de processos intensivos em eletricidade como cargas reescalonáveis:

- **Fundição:** 33,88 GWh/ano, carga máxima de 7,01 MW, durante o dia.
- **Laminagem:** 41,83 GWh/ano, carga máxima de 8,77 MW, durante o dia.
- **Extrusão:** 9,74 GWh/ano, carga máxima de 1,76 MW, durante o dia.

O contributo da SofiaMed concentra-se, portanto, em três etapas sucessivas de processamento de cobre com diferentes escalas elétricas, sendo a laminagem a que representa a maior parte da procura de eletricidade reportada, seguida da fundição e da extrusão. A sua classificação como processos reescalonáveis indica que se espera que a flexibilidade resulte sobretudo do momento e da sequenciação das atividades de produção.

Na ETEM Gestamp, o inquérito identifica três grupos de processos no arquétipo Processo reescalonável (Classe A), com o subtipo Processo interruptível de potência fixa:

- **Extrusão de alumínio:** 15,57 GWh/ano, carga máxima observada de 3,39 MW.
- **Processamento secundário:** 4,47 GWh/ano, carga máxima observada 1,01 MW.
- **Grupo adicional de processos industriais:** 0,56 GWh/ano, carga máxima observada 0,82 MW.

O perfil de flexibilidade aqui centra-se na extrusão de alumínio e nas cargas de processamento a jusante, cuja procura varia substancialmente com o calendário de produção. As medições fornecidas mostram períodos de redução da carga de processo, indicando que a disponibilidade dos ativos está intimamente ligada ao estado operacional das linhas de produção. Em contraste com a SofiaMed, a ETEM também opera 4 MW de geração fotovoltaica no local, introduzindo uma dimensão adicional de coordenação entre a procura de produção e a geração renovável local.

TABELA 34: PILOTO #3 - UC-BGGR-01 CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Produção de aço (forno de arco elétrico), processamento de cobre e alumínio.
Principais Processos Industriais Relevantes	Aciaria da STOMANA (unidades reportadas: EAF 1 120 MVA, EAF 3 75 MVA, LF 1 18 MVA, LF 2 18 MVA, vazamento contínuo 5 MW e VD ~1 MW), laminador de chapas, laminador e moinho de bolas. SofiaMed: fundição ~7 MW, laminagem ~9 MW e extrusão ~2 MW. ETEM: extrusão de alumínio ~3 MW e outros processos ~2 MW.
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	As fontes de flexibilidade candidatas incluem as unidades EAF/LF, de fundição, VD e de filtragem reportadas pela STOMANA; os processos de fundição, laminagem e extrusão da SofiaMed; e as cargas de extrusão de alumínio e de processamento secundário da ETEM Gestamp. Os respetivos inquéritos identificam estes processos como reescalonáveis/interruptíveis, enquanto a capacidade flexível, o momento e a duração efetivos continuam sujeitos a validação ao nível do processo.
Escala de Flexibilidade	Cluster industrial multi-local (agregado sob a STOMANA na área de equilíbrio de Sófia).

Nível de Controlo	EMS industrial com agregação coordenada; a autoridade detalhada de automação/controlo requer validação pelos parceiros.

Contexto de Mercado e Sistema - UC-BGGR-01

O UC-BGGR-01 aborda duas categorias de mecanismos no mercado búlgaro: energia grossista, através do mercado diário operado pela IBEX, e energia de equilíbrio, através do mercado operado pelo ESO, com a STOMANA a atuar como a sua própria Parte Responsável pelo Equilíbrio. A dimensão energética da STOMANA justifica este papel e o local já participa diretamente nos mercados búlgaros diário e intradiário, o que significa que o Caso de Uso assenta numa posição de mercado existente em vez de criar uma nova; o que é novo é a agregação da flexibilidade do cluster por detrás dessa posição e a otimização sistemática das ofertas resultantes. A participação como BSP no mercado de capacidade de reserva não é abordada nesta fase. O Caso de Uso é desencadeado por sinais de mercado e previsões de preço, e não por uma restrição da rede, pelo que a sua proposta de valor é económica: reduzir o custo combinado de energia e de equilíbrio do cluster agregado, mantendo a qualidade e a segurança da produção, com um valor adicional de aprendizagem quanto ao envelope realista de flexibilidade da indústria pesada de transformação de metais. O nível de maturidade é classificado como Futuro, uma vez que o cluster ainda não operou como entidade agregada de licitação.

TABELA 35: PILOTO #3 - UC-BGGR-01 CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DE CASOS DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Mercado grossista de energia (mercado diário) / Mercado de energia de equilíbrio (enquanto BRP).
Mercado-alvo	Mercado diário búlgaro operado pela IBEX / mercado búlgaro de energia de equilíbrio operado pelo ESO.
Categoria do evento desencadeador	Sinal de mercado / previsão / pedido do agregador.
Nível de maturidade	Futuro (o cluster ainda não opera como entidade licitante agregada; o Caso de Uso é avaliado através de modelação e simulação com base nos dados recebidos das instalações).
Principal Fator de Valor	Receita / otimização de custos / participação no mercado / aprendizagem.
Fluxo de Receita / Benefícios	Redução do custo total (energia e equilíbrio) da eletricidade do cluster industrial, obtida através da deslocação da procura para períodos de preços mais baixos e da melhoria da posição de equilíbrio do cluster.

Atores do Caso de Uso - UC-BGGR-01

STOMANA: Local industrial e agregador do cluster búlgaro. Disponibiliza os processos de fusão e de laminagem que constituem a flexibilidade disponível, atua como entidade agregadora do cluster

nacional e detém o papel de BRP através do qual a posição agregada é expressa nos mercados búlgaros.

ESO: TSO búlgaro e operador da área de equilíbrio de Sófia. Define o quadro do mercado de equilíbrio e as regras aplicáveis aos BRP, no âmbito dos quais o cluster agregado opera.

iFAAP e fornecedores de tecnologia: Prevê, agrega e otimiza a flexibilidade do cluster. Na plataforma, a responsabilidade é repartida entre os componentes de previsão da procura e dos preços, desenvolvidos pela UPAT no âmbito das T4.1 e T4.2, que produzem as previsões da procura e dos preços de mercado para o dia seguinte, e o componente de agregação da flexibilidade da procura, desenvolvido pelo CARTIF, que caracteriza a flexibilidade disponível através de arquétipos e determina as propostas ótimas para o mercado diário e para o mercado de energia de equilíbrio.

EMS industrial: Assegura a integração de dados e de controlo ao nível da camada industrial, disponibilizando ao iFAAP o consumo medido e o estado dos processos e transmitindo à instalação os planos de operação resultantes.

Operação do Caso de Uso - UC-BGGR-01

O UC-BGGR-01 é desencadeado pela disponibilidade das previsões dos preços do mercado diário e da energia de equilíbrio na Bulgária para o dia de entrega seguinte, produzidas pelos componentes de previsão da procura e dos preços do iFAAP desenvolvidos pela UPAT. Estas previsões são combinadas com as previsões da procura das instalações e dos processos e com a caracterização da flexibilidade disponível, expressa através do quadro de arquétipos, bem como com as restrições operacionais comunicadas pelo cluster para o dia seguinte, que incluem a manutenção planeada e as paragens. Com base nisso, o componente de agregação da flexibilidade da procura do iFAAP, desenvolvido pelo CARTIF, em conjunto com o agregador do cluster, determina a estratégia ótima de licitação: primeiro elabora as propostas para o mercado diário do cluster agregado búlgaro e depois determina as propostas para o mercado de energia de equilíbrio, tendo em conta a posição já assumida no mercado diário. A ação esperada é, portanto, a formulação e submissão de um conjunto coerente de propostas agregadas nos dois horizontes de mercado, e o resultado esperado é que estas propostas sejam submetidas e, quando aceites, cumpridas sem comprometer a qualidade da produção nem a segurança.

TABELA 36: PILOTO #3 - OPERAÇÃO DO CASO DE USO UC-BGGR-01

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento desencadeador	Previsão dos preços do mercado diário e da energia de equilíbrio na Bulgária.
Dados de Entrada / Variáveis	Previsões da procura das instalações e dos processos; caracterização da flexibilidade através de arquétipos; previsões dos preços de mercado; restrições operacionais para o dia seguinte dos arquétipos relevantes (incluindo manutenção e paragens planeadas).

Lógica da Decisão	iFAAP / agregador do cluster, com a previsão da procura e dos preços assegurada pela UPAT e a agregação da flexibilidade da procura pelo CARTIF. A plataforma otimiza a flexibilidade agregada face aos preços previstos, sujeita aos limites operacionais dos arquétipos, e o agregador do cluster confirma a estratégia de licitação resultante na qualidade de BRP.
Ação Esperada	Elaborar as propostas para o mercado diário e para o mercado de energia de equilíbrio do cluster agregado búlgaro.
Resultado Esperado	Propostas agregadas submetidas, mantendo a qualidade da produção e a segurança.

Sistemas, Dados e Restrições - UC-BGGR-01

Sistemas envolvidos: EMS da Schneider Electric instalados na STOMANA e na ETEM Gestamp e EMS reportado pela SofiaMed; sistemas industriais de monitorização e controlo; a plataforma de agregação e otimização iFAAP; e as interfaces com as plataformas do mercado búlgaro (IBEX para o mercado diário, ESO para a energia de equilíbrio).

Informação utilizada: previsões da procura das instalações e dos processos; caracterização da flexibilidade através de arquétipos; previsões dos preços dos mercados búlgaros diário e de energia de equilíbrio; consumo medido com granularidade de 15 minutos, juntamente com o respetivo histórico.

Restrições técnicas e operacionais: Restrições operacionais dos arquétipos relevantes, em particular o carácter interruptível e de potência fixa dos processos da aciaria; limites de processo; calendarização da produção; restrições de qualidade do produto, segurança da instalação e manutenção. Do restante consumo da aciaria, apenas o processo de fundição é considerado flexível. Os dados são atualmente obtidos por exportação manual, o que limita o grau de automação alcançável até ser estabelecida uma interface automática.

Restrições de mercado e regulatórias: Regras do mercado búlgaro aplicáveis aos BRP. A participação no mercado de capacidade de reserva enquanto BSP está fora do âmbito do Caso de Uso modelado.

Cenário de Uso Principal - UC-BGGR-01

Evento desencadeador: Para o dia de entrega seguinte, ficam disponíveis as restrições operacionais dos arquétipos relevantes, incluindo manutenção planeada e paragens (passo 1); são depois produzidas as previsões da procura e dos preços da energia e da energia de equilíbrio para o mercado búlgaro, pelos componentes de previsão da procura e dos preços do iFAAP desenvolvidos pela UPAT (passo 2).

Avaliação: O componente de agregação da flexibilidade da procura do iFAAP, desenvolvido pelo CARTIF, caracteriza a flexibilidade que cada processo participante pode disponibilizar dentro dos limites operacionais do seu arquétipo, tendo em conta a calendarização da produção e as restrições

de qualidade, segurança e manutenção reportadas pelo local, e agrega-a num perfil de flexibilidade ao nível do cluster.

Decisão: O mesmo componente elabora as propostas ótimas para o mercado diário búlgaro (passo 3) e, em seguida, as propostas ótimas para o mercado búlgaro de energia de equilíbrio, tendo em conta a posição já assumida no mercado diário (passo 4). A STOMANA, enquanto agregador do cluster e BRP, confirma a estratégia resultante.

Ativação: As propostas confirmadas são submetidas aos mercados búlgaros pela STOMANA, na qualidade de BRP, e os planos de operação resultantes são comunicados ao EMS industrial, que ajusta em conformidade o calendário e a duração dos processos em causa.

Monitorização e resultado: O consumo efetivo é medido com granularidade de 15 minutos e comparado com a posição programada. Os KPIs definidos para o cluster industrial, apresentados na Secção 4.2.3, são depois avaliados pelos parceiros do consórcio sob a liderança da UPAT (passo 5).

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Flexibilidade industrial agregada transfronteiriça BG/GR

Descrição do Caso de Uso - UC-BGGR-02

O UC-BGGR-02 alarga a lógica de agregação estabelecida no UC-BGGR-01 para além de uma única área de equilíbrio. Avalia a viabilidade de agregar o cluster da STOMANA com o Complexo Industrial de Salónica da HELLENiQ ENERGY, ou seja, indústrias localizadas em duas áreas de equilíbrio diferentes mas interligadas, uma sob a jurisdição do TSO grego IPTO e outra sob a jurisdição do TSO búlgaro ESO, ligadas por uma linha de transporte transfronteiriça. O Caso de Uso avalia que agregação de flexibilidade transfronteiriça é efetivamente viável entre as áreas do ESO e do IPTO, explorando a margem de interligação disponível, e compara as condições de mercado dos dois lados da fronteira para quantificar o potencial de arbitragem entre mercados. Conforme previsto no Acordo de Subvenção (GA), a participação da flexibilidade do cluster búlgaro no mercado de equilíbrio grego é implícita, concretizada sem uma plataforma central e através de um agregador de flexibilidade certificado, tendo em conta que o fecho do mercado de reserva grego ocorre após o fecho do mercado diário, de modo que a margem remanescente nas linhas de interligação possa ser explorada para fins de equilíbrio. O resultado esperado é uma avaliação quantificada do potencial de arbitragem transfronteiriça, obtida através da avaliação e comparação das condições de mercado nos dois países, sem violar as restrições de produção das indústrias participantes nem as restrições de rede de qualquer dos sistemas.

TABELA 37: PILOTO #3 - UC-BGGR-02: PARÂMETROS GERAIS DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
ID e Título do Caso de Uso	UC-BGGR-02 — Flexibilidade industrial agregada transfronteiriça BG/GR

Breve descrição	Avaliar a agregação transfronteiriça do cluster da STOMANA e da HELLENiQ ENERGY para a participação flexível nos mercados grossistas de energia e de energia de equilíbrio de ambos os países.
Objetivo / Propósito	Avaliar que agregação de flexibilidade transfronteiriça é viável entre as áreas do ESO e do IPTO, explorando a margem de interligação disponível.
Nível do Sistema Abrangido	EMS / agregador / iFAAP / TSOs da Bulgária e Grécia / mercado de equilíbrio.
Resultado Esperado	Explorar o potencial de arbitragem entre mercados, avaliando e comparando as condições de mercado em ambos os países.

Contexto Industrial - UC-BGGR-02

O cluster transfronteiriço reúne dois perfis industriais muito diferentes. Do lado búlgaro, integra o mesmo cluster de três indústrias do UC-BGGR-01: STOMANA, SofiaMed e ETEM Gestamp. Do lado grego, o Complexo Industrial de Salónica da HELLENiQ ENERGY opera um processo contínuo de refinação, processamento secundário e hidrotratamento, juntamente com a produção petroquímica associada.

A diferença de natureza dos processos entre os dois lados é a característica que define este Caso de Uso. As cargas siderúrgicas búlgaras são descontínuas (por lotes), interruptíveis e de potência fixa, podendo portanto ser reescalonadas no tempo. Os processos de refinação gregos são contínuos e, conforme reportado no inquérito ao piloto, o ajuste dos processos é raro e condicionado por restrições de produção. O único ativo flexível reportado para o local grego é o motor da extrusora da linha de produção de polipropileno, com uma capacidade instalada de 5,4 MW, um consumo anual de aproximadamente 70,5 GWh e uma carga máxima de 4,67 MW. Está classificado no arquétipo Processo reescalonável, com o subtipo Processo não interruptível de potência ajustável, ou seja, um processo cujo nível de potência pode ser modulado mas que não pode ser interrompido. Pode ser ajustado até um máximo de 1 MW do seu consumo, e as principais restrições são os requisitos do processo e as necessidades comerciais da instalação; não existe um período específico de pico de consumo, uma vez que a variação do consumo de energia depende do grau de polipropileno produzido. Os dados atuais e históricos estão disponíveis com granularidade horária através de exportação manual, uma resolução menos detalhada do que os dados de 15 minutos disponíveis do lado búlgaro. O controlo é exercido através dos EMS Powernet e Zenon na HELLENiQ e dos EMS da Schneider Electric instalados na STOMANA.

TABELA 38: PILOTO #3 - UC-BGGR-02 CONTEXTO INDUSTRIAL DO CASO DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Setor Industrial	Fabrico de aço, transformação de cobre e transformação de alumínio (BG); refinação de petróleo e petroquímica (GR).
Principais Processos Industriais Relevantes	Unidades de fusão e laminadores da STOMANA; fundição, laminagem e extrusão da SofiaMed; extrusão de alumínio e processamento secundário da

	ETEM Gestamp; refinação contínua, processamento secundário e hidrotratamento da HELLENiQ.
Principais Processos Flexíveis que Consomem Energia	Os processos candidatos do lado búlgaro incluem as unidades EAF/LF, de fundição e VD da STOMANA, cujas potências dos motores estão confirmadas, enquanto a capacidade flexível e a disponibilidade continuam dependentes da confirmação dos limites de processo. A HELLENiQ reporta que o ajuste dos processos é raro e condicionado por restrições de produção; o ativo flexível reportado é o motor da extrusora de polipropileno, cujo consumo pode ser ajustado até 1 MW.
Escala de Flexibilidade	Cluster industrial transfronteiriço com vários locais.
Nível de Controlo	EMS Powernet e Zenon na HELLENiQ; EMS da Schneider Electric instalados na STOMANA.

Contexto de Mercado e Sistema - UC-BGGR-02

O UC-BGGR-02 abrange simultaneamente a energia grossista e a energia de equilíbrio em dois contextos de mercado nacionais. Do lado búlgaro, os mercados relevantes são o mercado diário operado pela IBEX, no qual a STOMANA participa diretamente, e o mercado de energia de equilíbrio operado pelo ESO, no qual a STOMANA atua como BRP. Do lado grego, os mercados relevantes são o mercado diário operado pela HEnEx, no qual a HELLENiQ participa através de um agregador, e o mercado de energia de equilíbrio operado pelo IPTO. De acordo com o GA, o acesso da flexibilidade do cluster búlgaro ao mercado de equilíbrio grego é concebido como participação implícita através do agregador de flexibilidade certificado PPC, que otimizaria as propostas de equilíbrio em nome de todo o cluster transfronteiriço; a STOMANA não participa diretamente no mercado grego. O Caso de Uso é desencadeado por sinais de mercado e previsões de preços em ambos os lados da fronteira, e é a sequência do mercado grego, em que o mercado de reserva fecha após o mercado diário, que cria a oportunidade de explorar a margem de interligação remanescente para fins de equilíbrio. A proposta de valor combina a otimização de custos para os locais industriais participantes com o valor de arbitragem resultante das condições de mercado divergentes entre os dois países, e com o valor de aprendizagem de determinar que agregação de flexibilidade industrial transfronteiriça é efetivamente viável no atual enquadramento regulatório. O nível de maturidade é classificado como Futuro.

TABELA 39: PILOTO #3 - UC-BGGR-02 CONTEXTO DE MERCADO E SISTEMA DE CASOS DE USO CHAVE

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Categoria de Mecanismo	Mercado grossista de energia (mercado diário) / Mercado de energia de equilíbrio (enquanto BRP) / Agregação transfronteiriça.
Mercado-alvo	Mercado diário búlgaro (IBEX) e mercado de energia de equilíbrio (ESO); mercado diário grego (HEnEx) e mercado de energia de equilíbrio (IPTO), este último acedido implicitamente através do agregador de flexibilidade certificado PPC.

Categoria do evento desencadeador	Sinal de mercado / previsão / pedido do agregador.
Nível de maturidade	Futuro (nenhuma entidade agregada transfronteiriça participa atualmente em nenhum dos mercados; o Caso de Uso é avaliado como um cenário).
Principal Fator de Valor	Receita / otimização de custos / participação no mercado / aprendizagem.
Fluxo de Receita / Benefícios	Redução do custo total (energia e equilíbrio) da eletricidade em todo o cluster transfronteiriço, a que acresce o valor de arbitragem entre mercados captado através da interligação BG–GR e refletido no volume de energia transacionada através da fronteira.

Atores do Caso de Uso - UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: Consumidor industrial grego que contribui com procura e flexibilidade potencial. Disponibiliza a parcela ajustável da sua carga de extrusão de polipropileno e as respetivas restrições de processo e comerciais.

Cluster STOMANA: Participante búlgaro no cluster industrial e na agregação de flexibilidade. Contribui para a avaliação transfronteiriça com a flexibilidade agregada estabelecida no UC-BGGR-01.

IPTO: TSO grego e operador da área de equilíbrio de Salónica. Define o quadro do mercado de equilíbrio grego e, em conjunto com o ESO, determina a capacidade de interligação disponível para o dia seguinte.

ESO: TSO búlgaro e operador da área de equilíbrio de Sófia. Define o quadro do mercado de equilíbrio búlgaro e, em conjunto com o IPTO, determina a margem de interligação disponível.

iFAAP e fornecedores de tecnologia: Prevê, agrega e otimiza a flexibilidade do cluster transfronteiriço, avaliando a disponibilidade combinada, as condições de mercado em ambos os lados da fronteira e as restrições industriais. Tal como no UC-BGGR-01, os componentes de previsão da procura e dos preços são desenvolvidos pela UPAT no âmbito das T4.1 e T4.2, e o componente de agregação da flexibilidade da procura pelo CARTIF.

PPC (agregador de flexibilidade certificado): Previsto no GA como o agregador certificado através do qual a flexibilidade do cluster búlgaro participaria implicitamente no mercado de equilíbrio grego operado pelo IPTO, otimizando as propostas de equilíbrio em nome de todo o cluster transfronteiriço.

Operação do Caso de Uso - UC-BGGR-02

O UC-BGGR-02 é desencadeado pela disponibilidade das previsões dos preços do mercado diário e da energia de equilíbrio na Bulgária e na Grécia para o dia de entrega seguinte, produzidas pelos componentes de previsão da procura e dos preços do iFAAP desenvolvidos pela UPAT. O componente de agregação da flexibilidade da procura do iFAAP, desenvolvido pelo CARTIF, atuando

como agregador ou em nome deste, avalia depois a flexibilidade combinada disponível nos dois lados da fronteira, juntamente com as condições de mercado em ambos os países e as restrições industriais reportadas por todos os locais participantes, que incluem manutenção planeada e paragens. Um input distintivo face ao UC-BGGR-01 é a margem de capacidade de interligação disponibilizada pelos dois TSO para o dia seguinte, que determina quanto da flexibilidade búlgara pode ser valorizada de forma credível do lado grego. Com base nisso, a plataforma elabora as propostas para o mercado diário e para o mercado de energia de equilíbrio, tanto para o mercado grego como para o búlgaro, e o resultado esperado é que o cenário de flexibilidade transfronteiriça seja avaliado e quantificado sem violar as restrições de produção nos locais industriais nem as restrições de rede em qualquer dos sistemas.

TABELA 40: PILOTO #3 - OPERAÇÃO DO CASO DE USO UC-BGGR-02

Parâmetro	Informação específica de cada caso de uso
Evento desencadeador	Previsão dos preços do mercado diário e da energia de equilíbrio na Bulgária e na Grécia.
Dados de Entrada / Variáveis	Previsões da procura das instalações e dos processos; caracterização da flexibilidade através de arquétipos; previsões dos preços de mercado para ambos os países; margens de capacidade de interligação disponibilizadas pelo ESO e pelo IPTO; restrições operacionais para o dia seguinte (incluindo manutenção e paragens planeadas) comunicadas pelo cluster búlgaro, através da STOMANA, e pela HELLENiQ ENERGY.
Lógica da Decisão	O agregador / iFAAP avalia a disponibilidade combinada, as condições de mercado e as restrições industriais e determina a estratégia de licitação nos dois contextos de mercado, com a previsão da procura e dos preços assegurada pela UPAT e a agregação da flexibilidade da procura pelo CARTIF.
Ação Esperada	Elaborar as propostas para o mercado diário e para o mercado de energia de equilíbrio, tanto para o mercado grego como para o búlgaro.
Resultado Esperado	Cenário de flexibilidade transfronteiriça avaliado sem violar restrições de produção ou de rede.

Sistemas, Dados e Restrições - UC-BGGR-02

Sistemas envolvidos: EMS Powernet e Zenon da HELLENiQ; EMS da Schneider Electric instalados na STOMANA; a plataforma de agregação e otimização iFAAP; e as interfaces com os TSO e os mercados de ambos os lados da fronteira (IBEX e ESO do lado búlgaro, HEnEx e IPTO do lado grego).

Informação utilizada: previsões da procura das instalações e dos processos; caracterização da flexibilidade através de arquétipos; previsões dos preços de mercado para ambos os países; e a capacidade de interligação disponível comunicada pelos dois TSO para o dia seguinte.

Restrições técnicas e operacionais: Restrições operacionais dos arquétipos relevantes em ambos os lados. Do lado búlgaro, limites de processo da STOMANA e restrições de calendarização da

produção, qualidade, segurança e manutenção. Do lado grego, o carácter contínuo do processo de refinação, a limitação da carga ajustável da extrusora a um máximo de 1 MW e a dependência do consumo face ao grau de polipropileno em produção. A assimetria na granularidade dos dados entre os dois lados, 15 minutos do lado búlgaro e horária do lado grego, limita a resolução temporal com que o agregado transfronteiriço pode ser caracterizado.

Restrições de mercado e regulatórias: regras dos mercados grego e búlgaro; elegibilidade dos agregadores, uma vez que a flexibilidade do cluster búlgaro só pode chegar ao mercado de equilíbrio grego de forma implícita, através de um agregador de flexibilidade certificado; e a viabilidade do equilíbrio transfronteiriço, limitada pela capacidade de interligação remanescente após o apuramento do mercado diário.

Cenário de Uso Principal - UC-BGGR-02

Evento desencadeador: Para o dia de entrega seguinte, a STOMANA e a HELLENiQ ENERGY disponibilizam as restrições operacionais dos arquétipos relevantes, incluindo manutenção planeada e paragens (passo 1); as previsões da procura e dos preços da energia e da energia de equilíbrio para ambos os mercados são produzidas pelos componentes de previsão da procura e dos preços do iFAAP, desenvolvidos pela UPAT (passo 2); e as margens de capacidade de interligação para o dia seguinte são disponibilizadas pelo ESO e pelo IPTO (passo 3).

Avaliação: O componente de agregação da flexibilidade da procura do iFAAP, desenvolvido pelo CARTIF, avalia a flexibilidade combinada disponível nos dois lados da fronteira, dentro dos limites operacionais dos respetivos arquétipos, compara as condições de mercado nos dois países e determina quanto da flexibilidade disponível pode ser valorizada através da fronteira, tendo em conta a margem de interligação.

Decisão: O mesmo componente elabora as propostas ótimas para o mercado diário (passo 4) e, tendo em conta as posições resultantes, as propostas ótimas para o mercado de energia de equilíbrio (passo 5), tanto do lado búlgaro como do lado grego. Os locais industriais participantes confirmam que os planos de operação resultantes são compatíveis com os seus planos de produção.

Ativação: As propostas são submetidas aos respetivos mercados, diretamente pela STOMANA, enquanto BRP, do lado búlgaro, e através do agregador de flexibilidade certificado do lado grego, e os planos de operação resultantes são transmitidos ao EMS industrial de cada local.

Monitorização e resultado: O consumo efetivo é medido e comparado com as posições programadas de ambos os lados. Os KPIs definidos para o cluster industrial, incluindo o volume de energia transacionada através da fronteira, são depois avaliados pelos parceiros do consórcio sob a liderança da UPAT (passo 6).

3.3 Registo Consolidado de Casos de Uso

Os oito Casos de Uso desenvolvidos nos três pilotos do LEONARDO abordam diferentes formas e níveis de flexibilidade industrial. Vão desde a agregação e ativação de recursos distribuídos até à

operação sensível aos preços, a mecanismos de flexibilidade locais e nacionais e à coordenação transfronteiriça.

Os três Casos de Uso italianos formam uma sequência que vai da agregação de cargas industriais e recursos energéticos distribuídos, passando pela sua potencial utilização no mercado nacional de equilíbrio, até um mercado local de flexibilidade na área de distribuição da CEDIS. Os Casos de Uso austríacos combinam avaliação baseada em dados com atividades conceptuais e baseadas em cenários. Abordam a resposta flexível da indústria aos preços do mercado diário (Day-Ahead), um possível mecanismo futuro de flexibilidade ao nível da distribuição e as condições para uma potencial participação e coordenação ao nível do TSO. Os Casos de Uso búlgaro-gregos centram-se na agregação e calendarização, orientada para o mercado, de grandes cargas industriais, primeiro na Bulgária e depois nas áreas de mercado búlgara e grega.

Piloto	Caso de Uso e título	Foco principal	Resultado esperado
Piloto italiano	**UC-IT-01 – Flexibilidade agregada de cargas industriais e recursos energéticos distribuídos**	Agregação e coordenação de cargas industriais e recursos energéticos distribuídos através do FLEXIA	Abordagem validada para a calendarização e ativação da flexibilidade agregada
Piloto italiano	**UC-IT-02 – Operação no mercado nacional de equilíbrio**	Participação potencial dos recursos agregados no mercado italiano de equilíbrio	Avaliação da potencial contribuição do agregado para os serviços nacionais de equilíbrio
Piloto italiano	**UC-IT-03 – Operação do mercado local de flexibilidade para a gestão da rede do DSO**	Flexibilidade local para autoconsumo, integração de RES e gestão da rede de distribuição	Operação simulada do mercado local de flexibilidade e avaliação dos seus efeitos na rede e económicos
Piloto austríaco	**UC-AT-01 – Explorar Estratégias Diversificadas de Participação no Mercado de Energia na Áustria**	Resposta industrial flexível aos preços do mercado diário, considerando o PV e o armazenamento no local	Estratégias operacionais adequadas e potenciais benefícios quantificados para os locais industriais
Piloto austríaco	**UC-AT-02 – Desenho de Mercado de Flexibilidade ao Nível da Distribuição**	Contribuição potencial da flexibilidade industrial para um possível mecanismo futuro de flexibilidade ao nível da distribuição	Mecanismo proposto ao nível do DSO para fazer corresponder as necessidades futuras da rede à flexibilidade industrial
Piloto austríaco	**UC-AT-03 – Coordenação de Flexibilidade Multinível**	Condições para uma possível participação ao nível do TSO e coordenação com uma possível utilização ao nível do DSO	Avaliação das opções de participação e coordenação para a flexibilidade industrial

Piloto búlgaro-grego	**UC-BGGR-01 – Flexibilidade industrial nacional agregada (Bulgária)**	Agregação e calendarização, orientada para o mercado, da flexibilidade industrial na Bulgária	Abordagem validada de agregação e licitação para os mercados grossistas e de equilíbrio búlgaros
Piloto búlgaro-grego	**UC-BGGR-02 – Flexibilidade industrial agregada transfronteiriça BG/GR**	Agregação transfronteiriça da flexibilidade industrial búlgara e grega	Avaliação da agregação transfronteiriça e das oportunidades entre mercados

No geral, o registo consolidado demonstra que os Casos de Uso do LEONARDO abrangem uma progressão desde a identificação e agregação da flexibilidade industrial até à sua potencial utilização na operação baseada em preços, no apoio à rede e nos mercados de energia nacionais ou transfronteiriços.

4 Estrutura de Avaliação de Desempenho e KPI

Este capítulo apresenta o quadro de avaliação de desempenho e de KPIs desenvolvido para os três Locais Piloto do LEONARDO. O quadro traduz os objetivos e resultados esperados dos Casos de Uso específicos por piloto em indicadores mensuráveis e fornece uma estrutura comum para a sua posterior monitorização e avaliação.

Os KPIs foram definidos ao nível do Local Piloto e do Caso de Uso, para refletir as diferentes condições técnicas, operacionais, de mercado e económicas abordadas em cada cenário. Ao mesmo tempo, foi aplicada uma abordagem harmonizada de formulação em todos os pilotos, para garantir consistência e comparabilidade. Em linha com o âmbito definido para o quadro de avaliação, o conjunto de KPIs considera as dimensões técnica, ambiental, económica e social, conforme aplicável a cada Caso de Uso.

4.1 Abordagem de Avaliação e Estrutura do Quadro

A formulação dos KPIs foi integrada diretamente no modelo comum de modelação de Casos de Uso. Esta abordagem permitiu desenvolver os indicadores em paralelo com a especificação detalhada de cada Caso de Uso e garantiu uma associação clara de cada KPI ao respetivo Local Piloto e cenário.

Para cada Caso de Uso, os objetivos definidos, os resultados esperados, as condições operacionais e as restrições relevantes foram tidos em conta na identificação de indicadores adequados. O modelo fornece uma estrutura comum para documentar a categoria, a definição, a unidade e o método de medição ou cálculo de cada KPI. Isto permite descrever os indicadores de forma consistente, deixando que o seu conteúdo reflita as características específicas de cada Caso de Uso.

A estrutura resultante combina uma metodologia harmonizada com conjuntos de KPIs específicos de cada piloto. Apoia, assim, uma abordagem de avaliação consistente em todo o LEONARDO, sem perder o foco individual dos diferentes Casos de Uso e Locais Piloto.

4.2 Repositório de KPI e Parâmetros de Monitorização

Esta secção apresenta o repositório de KPIs desenvolvido para os três Locais Piloto e respetivos Casos de Uso. Os indicadores são documentados juntamente com a sua categoria, definição, unidade e método de medição ou cálculo, bem como com os parâmetros de monitorização relevantes disponíveis nesta fase do projeto.

4.2.1 Local Piloto #1: Piloto Italiano

Visão Geral dos KPIs do Piloto – PS#1

Para avaliar sistematicamente o desempenho da plataforma de agregação desenvolvida no local de demonstração italiano e quantificar os benefícios multidimensionais das soluções de flexibilidade simuladas nos contextos nacional e local, foi estruturado um conjunto específico de KPIs para os três principais Casos de Uso.

Para o primeiro Caso de Uso, centrado na agregação da flexibilidade de cargas industriais e recursos energéticos distribuídos, o foco está na capacidade da plataforma para constituir e operar um agregado de flexibilidade fiável, razão pela qual os KPIs escolhidos abordam tanto a dimensão do recurso agregado (expressa em termos de potência disponível e de energia que pode ser ativada anualmente, separadamente para a flexibilidade ascendente e descendente) como a qualidade operacional da própria plataforma, medida pela taxa de sucesso das ativações e pelo tempo médio necessário para atingir um novo setpoint ajustado após um pedido de flexibilidade. Para o cálculo, devem ser rigorosamente tidas em conta as restrições operacionais específicas de cada ativo, como a continuidade dos processos, os limites térmicos, os limites de segurança e os limites de estado de carga dos sistemas de armazenamento em baterias e dos veículos elétricos, bem como os dados provenientes do registo simulado de ativações. Em conjunto, estes indicadores dão uma imagem clara de quanta flexibilidade pode ser mobilizada e de quão eficazmente a plataforma a consegue coordenar na prática, condições fundamentais para qualquer serviço de mercado ou de rede subsequente.

Para o segundo Caso de Uso, os KPIs pretendem demonstrar o valor que o agregado de flexibilidade pode proporcionar à escala do equilíbrio nacional, cobrindo três dimensões complementares: o impacto na rede em termos de corte de picos e enchimento de vales, que mede a capacidade da plataforma de remodelar o perfil de carga durante os pedidos do mercado de equilíbrio; as receitas económicas simuladas geradas pela participação nos mecanismos de disponibilidade de capacidade da Terna e nas modulações do mercado de equilíbrio; e o benefício ambiental, expresso em emissões de CO2eq evitadas face às centrais convencionais a gás que, de outra forma, assegurariam o equilíbrio. Esta combinação foi escolhida porque permite avaliar o Caso de Uso não só do ponto de vista técnico, mas também pela sua capacidade de gerar valor económico e de descarbonização.

Por fim, para o terceiro Caso de Uso, que aborda os mercados locais de flexibilidade para a gestão da rede do operador da rede de distribuição, os KPIs são adaptados à dimensão local do serviço: as métricas de impacto na rede medem a mitigação do congestionamento local causado pelo excesso de produção renovável e o aumento do autoconsumo através da redução das importações da rede externa; as métricas de impacto económico avaliam tanto os benefícios económicos que a CEDIS pode obter ao valorizar os recursos locais e reduzir a sua exposição às compras no mercado grossista, como as receitas obtidas pelos utilizadores industriais que participam no mercado local de flexibilidade da CEDIS, através dos prémios de disponibilidade e de ativação. Desta forma, os indicadores do UC3 captam os benefícios físicos e económicos da valorização da flexibilidade local, refletindo a dupla perspetiva do DSO e dos utilizadores participantes.

TABELA 41: PILOTO #1 - REPOSITÓRIO DE KPI

Categoria KPI	KPI	Caso(s) de Uso Relacionado(s)	Método de Medição / Cálculo	Parâmetros / Estado de Monitorização
Desempenho de Flexibilidade	Capacidade agregada de flexibilidade (disponibilidade), ascendente e	UC-IT-01	Considera, para cada ativo flexível, a diferença entre a potência máxima (ou mínima) e a potência nominal, ponderada por fatores de robustez que têm em conta	Restrições específicas do ativo: continuidade do processo, limites térmicos, segurança dos trabalhadores, energia residual de

	descendente [MW]		as restrições específicas do ativo. A capacidade agregada de flexibilidade é calculada como a soma das contribuições individuais de cada ativo, separadamente para a flexibilidade ascendente e descendente	entrada/saída (definida como a quantidade de energia que pode entrar numa bateria, incluindo VE, antes da carga completa, ou sair da bateria antes de atingir o SOC mínimo), etc.
Desempenho de Flexibilidade	Volume agregado de flexibilidade (ativação), ascendente e descendente [MWh/ano]	UC-IT-01	Considera, para cada ativo flexível, a energia que pode ser deslocada num ano, tendo em conta a potência flexível e o número estimado de horas da janela de ativação. O volume agregado de flexibilidade é calculado como a soma das contribuições individuais de cada ativo, separadamente para a flexibilidade ascendente e descendente	Janelas de ativação específicas de cada ativo ao longo do ano
Desempenho Operacional	Ativações bem-sucedidas sobre o total de pedidos [%]	UC-IT-01	Número de quartos de hora com resposta bem-sucedida dos ativos à plataforma FLEXIA sobre o total de quartos de hora com pedido de flexibilidade. O quarto de hora é utilizado como "período de liquidação" típico nos programas de flexibilidade.	Registo simulado de ativações
Desempenho Operacional	Duração média do ciclo (desde a ativação da flexibilidade até ao novo setpoint ajustado) [min]	UC-IT-01	Tempo médio desde a ativação da flexibilidade até à resposta bem-sucedida, acrescido do tempo simulado de rampa ascendente/descendente até ao novo setpoint ajustado.	Registo simulado de ativações; características de rampa ascendente/descendente específicas de cada ativo
Impacto na Rede	Corte de picos e enchimento de vales [MW]	UC-IT-02	Redução/aumento máximo simulado do consumo durante um pedido do MSD num pico/vale	Registo simulado de ativações; requisitos de ativação rápida da Terna a cumprir; volumes atuais de pedidos do MSD

Impacto Económico	Receitas simuladas do MSD/UVA [€/ano]	UC-IT-02	Receitas simuladas da participação anual no UVA da Terna (disponibilidade) e no MSD gerido pelo GME para a Terna (ativação: energia modulada)	Registo simulado de ativações; requisitos de ativação rápida da Terna a cumprir; volumes e preços atuais dos pedidos do MSD; prémio de disponibilidade atual do UVA
Impacto Ambiental	Redução estimada das emissões das centrais de ponta a gás utilizadas para equilíbrio [tCO2eq/ano]	UC-IT-02	CO2 evitado simulado pela participação no equilíbrio da rede nacional, em substituição de uma unidade convencional a gás (fator de emissão: 380 gCO2eq/kWh; fonte: ISPRA, Settore elettrico: emissioni di CO2 e altri impatti, 2026)	Registo simulado de ativações; requisitos de ativação rápida da Terna a cumprir; volumes atuais de pedidos do MSD
Impacto na Rede	Redução do congestionamento local causado pelas RES [MW]	UC-IT-03	Redução simulada do fluxo inverso máximo anual da rede da CEDIS para a rede externa, graças à ativação da flexibilidade descendente durante períodos de elevada produção local de RES	Registo simulado de ativações; fluxos projetados na rede
Impacto na Rede	Redução das importações da rede externa (aumento do autoconsumo) [MWh/ano]	UC-IT-03	Redução simulada da energia anual importada da rede externa (comprada no mercado grossista) e consequente aumento do autoconsumo anual graças à ativação da flexibilidade	Registo simulado de ativações; fluxos projetados na rede
Impacto Económico	Receitas de autoconsumo para a CEDIS [€/ano]	UC-IT-03	Valorização económica simulada do aumento do autoconsumo: margem do consumo local (face à venda no mercado grossista durante o pico de produção), acrescida das poupanças resultantes da redução das compras no mercado grossista	Registo simulado de ativações; fluxos projetados na rede; preços atuais do mercado grossista do GME
Impacto Económico	Receitas acumuladas para	UC-IT-03	Receitas económicas simuladas para os utilizadores industriais resultantes da	Registo simulado de ativações; prémios de

	utilizadores industriais [€/ano]		participação no LFM da CEDIS: receitas de disponibilidade (€/MW de capacidade flexível oferecida) acrescidas das receitas de ativação (€/MWh de energia deslocada face a uma linha de base predefinida)	disponibilidade e de ativação aplicáveis

4.2.2 Local Piloto #2: Piloto Austríaco

Visão Geral dos KPIs do Piloto – PS#2

O conjunto de KPIs desenvolvido para o piloto austríaco reflete os diferentes objetivos e níveis de maturidade dos três Casos de Uso. Abrange a utilização económica da flexibilidade industrial em resposta aos preços dinâmicos do mercado diário (Day-Ahead), a contribuição potencial da flexibilidade industrial para um possível mercado futuro de flexibilidade ao nível da distribuição e a adequação e alocação coordenada da flexibilidade entre mecanismos ao nível do DSO e do TSO.

Para o UC-AT-01, os KPIs avaliam os efeitos económicos e energéticos da deslocação do consumo industrial flexível para períodos mais favoráveis. O principal indicador é a potencial redução dos custos de eletricidade face a uma operação de referência. É complementado por indicadores relativos à melhoria do autoconsumo fotovoltaico e à quantidade de carga flexível que pode ser deslocada para períodos com preços de eletricidade mais baixos ou maior disponibilidade fotovoltaica no local.

Os KPIs do UC-AT-02 avaliam o potencial de utilização da flexibilidade industrial num possível mercado futuro de flexibilidade ao nível da distribuição. Como atualmente não existe tal mercado na Áustria e não estão disponíveis pedidos reais do DSO nem dados específicos sobre restrições da rede, estes KPIs serão avaliados com base em cenários representativos. Medem a flexibilidade industrial potencialmente disponível para utilização ao nível da distribuição, a sua disponibilidade quando ocorre uma necessidade de flexibilidade assumida e a parcela dessa necessidade que poderia ser potencialmente coberta.

Para o UC-AT-03, os KPIs avaliam se a flexibilidade industrial disponível cumpre os requisitos definidos para utilização ao nível do DSO, do TSO ou de ambos. Um segundo indicador examina se a flexibilidade potencialmente adequada para ambos os níveis pode ser alocada sem duplo compromisso e sem violar as restrições dos processos industriais. Estes KPIs baseiam-se na comparação das características de flexibilidade do local piloto com os requisitos relevantes identificados através de investigação, troca de conhecimento e desenvolvimento de cenários. Não medem a participação efetiva nos mercados do DSO ou do TSO.

Os KPIs são atribuídos a Casos de Uso individuais porque cada Caso de Uso aborda um objetivo de avaliação distinto. No entanto, baseiam-se num conjunto comum de parâmetros de monitorização, incluindo a procura industrial de eletricidade, as condições do processo, a potência e a energia flexíveis disponíveis, a duração da flexibilidade e a informação sobre a geração fotovoltaica e o

armazenamento. As referências, os cenários representativos e os períodos de monitorização detalhados serão especificados durante a preparação do piloto e a monitorização da linha de base.

TABELA 42: PILOTO #2 - REPOSITÓRIO DE KPI

Categoria KPI	KPI	Caso(s) de Uso Relacionado(s)	Método de Medição / Cálculo	Parâmetros / Estado de Monitorização
Impacto Económico	**Potencial de poupança de custos de eletricidade** – Potencial de redução dos custos de eletricidade através do uso otimizado da flexibilidade industrial. **Unidade: % / EUR**	UC-AT-01	Comparação dos custos de eletricidade do perfil de referência e dos perfis de carga otimizados, utilizando os mesmos preços do mercado diário.	São necessários perfis de carga e preços do mercado diário.
Desempenho de Flexibilidade	**Carga flexível deslocada para períodos favoráveis** – Consumo flexível identificado como deslocável para períodos com preços mais baixos e/ou maior disponibilidade fotovoltaica. **Unidade: % / kWh**	UC-AT-01	Quantidade e percentagem do consumo flexível deslocado face à operação de referência.	São necessários perfis de carga, informação sobre preços ou PV e limites de flexibilidade.
Desempenho de Flexibilidade	**Potencial de flexibilidade industrial para utilização ao nível da distribuição** – Potência e energia flexíveis potencialmente disponíveis para um possível mercado futuro do DSO. **Unidade: kW / kWh**	UC-AT-02	Determinação da potência e da energia flexíveis técnica e operacionalmente viáveis.	São necessários dados de carga industrial, flexibilidade, duração e restrições de processo.
Potencial de Apoio à Rede	**Contribuição potencial para as necessidades de flexibilidade assumidas ao nível da distribuição** – Quota de uma necessidade de flexibilidade assumida que poderia ser potencialmente coberta. **Unidade: %**	UC-AT-02	Flexibilidade industrial disponível dividida pela necessidade de flexibilidade assumida.	Necessidade de flexibilidade representativa e flexibilidade industrial disponível.
Adequação da Flexibilidade	**Adequação da flexibilidade industrial para participação ao nível do TSO** – Avaliação da capacidade de a	UC-AT-03	Comparação da flexibilidade industrial e das condições de	Características de flexibilidade industrial e requisitos técnicos,

	flexibilidade industrial identificada cumprir os requisitos técnicos, operacionais e de acesso ao mercado relevantes para determinados serviços de flexibilidade do TSO. **Unidade: avaliação qualitativa / % quando quantificável**		participação identificadas com os requisitos dos serviços de flexibilidade do TSO selecionados.	regulatórios, de agregação e de acesso ao mercado relevantes.

4.2.3 Local Piloto #3: Piloto Búlgaro-Grego

Visão Geral dos KPIs do Piloto – PS#3

O conjunto de KPIs definido para o piloto búlgaro-grego abrange dois níveis complementares. O primeiro é o nível do Caso de Uso, derivado diretamente dos objetivos e resultados esperados do UC-BGGR-01 e do UC-BGGR-02, conforme especificado na Secção 3.2.3. Inclui um indicador económico, um indicador de desempenho da flexibilidade e um indicador de impacto no sistema. Os dois primeiros são comuns a ambos os Casos de Uso, uma vez que ambos prosseguem o mesmo objetivo económico através do mesmo mecanismo de deslocação da procura; o terceiro aplica-se apenas ao UC-BGGR-02, pois a troca de energia transfronteiriça não tem equivalente na configuração nacional.

O segundo nível compreende os indicadores ao nível do projeto com base nos quais o piloto é avaliado no quadro do programa LIFE: poupança de energia primária e final, geração de RES, redução das emissões de gases com efeito de estufa e investimento acumulado em energia sustentável. Estes aplicam-se ao piloto como um todo, e não a um Caso de Uso individual, e são calculados para o conjunto dos dois locais industriais, sendo a repartição entre a STOMANA e a HELLENiQ feita com base no consumo de rede de referência reportado para cada um.

Como nem o agregado nacional nem o transfronteiriço operam atualmente como entidade licitante, todos os KPIs dos Casos de Uso serão avaliados comparando o plano agregado otimizado com uma linha de base business-as-usual. Essa linha de base ainda não está disponível: será estabelecida durante a preparação do piloto e a monitorização da linha de base na T5.1, e a avaliação propriamente dita será realizada na T5.4. De acordo com o fluxo de processo especificado para ambos os Casos de Uso na Secção 3.2.3, a avaliação destes KPIs é realizada pelos parceiros do consórcio sob a liderança da UPAT. Os parâmetros de monitorização indicados abaixo distinguem, portanto, entre a informação já disponível a partir do inquérito ao piloto e os elementos ainda por definir.

TABELA 43: PILOTO #3 - REPOSITÓRIO DE KPI

Categoria KPI	KPI	Caso(s) de Uso Relacionado (s)	Método de Medição / Cálculo	Parâmetros / Estado de Monitorização

Impacto económico	Redução total (energia e equilíbrio) do custo da eletricidade para o cluster industrial [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Diferença entre o custo combinado do mercado diário e da energia de equilíbrio do cluster agregado com a estratégia de licitação otimizada e com a linha de base business-as-usual, expressa em percentagem do custo de referência.	Disponível: consumo medido com granularidade de 15 minutos (STOMANA, SofiaMed e ETEM Gestamp) e horária (HELLENiQ); preços de mercado da IBEX e do ESO e, para o UC-BGGR-02, também da HEnEx e do IPTO. A definir: linha de base business-as-usual (T5.1).
Desempenho da flexibilidade	Quantidade de procura deslocada [MWh]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Volume de energia deslocado no tempo face ao perfil de consumo de referência, calculado a partir dos perfis medidos dos ativos participantes ao longo do período de avaliação. A convenção de agregação entre ativos deve ser fixada na T2.4 e aplicada na T5.4.	Disponível: perfis medidos e limites operacionais por arquétipo. A definir: capacidade flexível validada por ativo, ainda sujeita à confirmação dos limites de processo pelos locais piloto.
Impacto no sistema	Quantidade de energia transacionada através da fronteira [MWh]	UC-BGGR-02	Volume de energia programado na interligação BG–GR em resultado das propostas de flexibilidade transfronteiriças, somado ao longo do período de avaliação.	A definir: margens de capacidade de interligação a fornecer pelo ESO e pelo IPTO; convenção de atribuição para a participação transfronteiriça implícita através de um agregador certificado.
Eficiência energética (KPI 2 do projeto)	Poupança de energia final [MWh/ano]	Nível de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Abordagem bottom-up segundo as orientações da CINEA: consumo de eletricidade da rede medido e/ou estimado antes e depois da implementação. Meta de 8.500 MWh/ano durante o projeto, face a um consumo pré-projeto de 850.000 MWh/ano (STOMANA 540.000; HELLENiQ 310.000), e de 25.500 MWh/ano nos cinco anos seguintes ao projeto.	A definir: medição da linha de base na T5.1. Nota: existe uma divergência entre estes valores de referência e o consumo anual reportado no inquérito ao piloto (Secção 2.2.3), a clarificar com os dois locais.
Eficiência energética	Poupança de energia primária [MWh/ano]	Nível de piloto (UC-BGGR-01,	Poupança de energia final multiplicada pelo fator de energia primária por defeito	Derivado do KPI 2 do projeto; não é necessária monitorização separada.

(KPI 1 do projeto)		UC-BGGR-02)	de 1,9. Valor da proposta: 17.000 MWh/ano, revisto para 16.150 MWh/ano por coerência com a poupança final; o valor da proposta para os cinco anos após o projeto é de 51.000 MWh/ano e ainda não foi revisto.	
Impacto ambiental (KPI 4 do projeto)	Redução das emissões de GEE [tCO_2eq/ano]	Nível de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Redução do consumo de eletricidade da rede multiplicada pelo fator de emissão nacional (BG 0,508 ou 0,540; GR 0,412 ou 0,502 tCO_2eq/MWh). Meta de 4.413 tCO_2eq/ano durante o projeto e de 13.239 tCO_2eq/ano nos cinco anos seguintes ao projeto.	A definir: divisão da poupança de 8.500 MWh/ano entre os locais búlgaro e grego, que determina os fatores de emissão aplicáveis, e seleção entre os dois valores de fatores por país.
Impacto ambiental (KPI 3 do projeto)	Geração de RES [MWh/ano]	Nível de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Medição direta da geração elétrica de RES no local. Meta: 0 MWh/ano, tanto durante o projeto como nos cinco anos seguintes.	Não é reportada geração de RES no local em nenhum dos locais (Secção 2.2.3); não é necessária infraestrutura de monitorização.
Investimento (KPI 5 do projeto)	Investimento acumulado em energia sustentável [€]	Nível de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Medição direta do investimento em geração de RES e flexibilidade elétrica (geração, baterias, monitorização e controlo). Valor da proposta: 0, tanto durante o projeto como nos cinco anos seguintes.	A confirmar com os dois locais industriais.

4.3 Quadro Consolidado de Avaliação de Desempenho

O quadro de avaliação de desempenho reúne os KPIs definidos para os oito Casos de Uso dos três pilotos do LEONARDO. Os indicadores abrangem os principais aspetos técnicos, operacionais, de rede, económicos, ambientais e energéticos da flexibilidade industrial e refletem os diferentes objetivos e configurações de cada piloto.

A visão geral consolidada agrupa os KPIs por categoria de avaliação e associa-os aos respetivos pilotos e Casos de Uso. Isto evidencia as áreas de avaliação comuns em todo o LEONARDO, mantendo os indicadores específicos de cada piloto necessários para avaliar os diferentes recursos

de flexibilidade, mecanismos de mercado e níveis do sistema. As definições detalhadas, os métodos de cálculo e os parâmetros de monitorização são apresentados nas secções de KPIs de cada piloto.

TABELA 44: VISÃO GERAL CONSOLIDADA DOS KPIS

Categoria KPI	Piloto	Caso(s) de Uso Relacionado(s)	KPIs
Desempenho de Flexibilidade	Itália	UC-IT-01	Capacidade agregada de flexibilidade [MW]; volume agregado de flexibilidade [MWh/ano]
	Áustria	UC-AT-01, UC-AT-02	Carga flexível deslocada para períodos favoráveis [% / kWh]; potencial de flexibilidade industrial para uso ao nível da distribuição [kW / kWh]
	Bulgária–Grécia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Quantidade de procura deslocada [MWh]
Desempenho Operacional	Itália	UC-IT-01	Ativações bem-sucedidas sobre o total de pedidos [%]; duração média do ciclo [min]
Impacto na Rede e no Sistema	Itália	UC-IT-02, UC-IT-03	Corte de picos e enchimento de vales [MW]; redução local de congestionamento de RES [MW]; redução das importações da rede externa [MWh/ano]
	Áustria	UC-AT-02	Contribuição potencial para as necessidades de flexibilidade assumidas ao nível da distribuição [%]
	Bulgária–Grécia	UC-BGGR-02	Quantidade de energia transacionada através da fronteira [MWh]
Adequação da Flexibilidade	Áustria	UC-AT-03	Adequação da flexibilidade industrial para a participação ao nível do TSO [avaliação qualitativa / % quando quantificável]
Impacto Económico	Itália	UC-IT-02, UC-IT-03	Receitas simuladas do MSD/UVA [EUR/ano]; receitas de autoconsumo para a CEDIS [EUR/ano]; receitas acumuladas para os utilizadores industriais [EUR/ano]
	Áustria	UC-AT-01	Potencial de poupança de custos de eletricidade [% / EUR]
	Bulgária–Grécia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Redução total do custo da eletricidade para o cluster industrial [%]
Eficiência Energética	Bulgária–Grécia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Poupança de energia final [MWh/ano]; poupança de energia primária [MWh/ano]

Impacto Ambiental	Itália	UC-IT-02	Redução estimada das emissões das centrais de ponta a gás utilizadas para equilíbrio [tCO_2eq/ano]
	Bulgária–Grécia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Redução das emissões de GEE [tCO_2eq/ano]; Geração de RES [MWh/ano]
Investimento	Bulgária–Grécia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Investimento acumulado em energia sustentável [EUR]

O quadro consolidado de KPIs fornece a base para definir as linhas de base e os parâmetros de monitorização necessários durante a preparação dos pilotos, acompanhar a implementação dos Casos de Uso e avaliar o seu desempenho. Os resultados permitirão comparar os resultados alcançados ou baseados em cenários com os objetivos definidos para cada piloto e Caso de Uso.

5 Rastreabilidade e Utilização dos Resultados D2.2

Este capítulo mostra como os principais resultados do D2.2 se interligam e como alimentam as atividades subsequentes do projeto. Estabelece a rastreabilidade desde as características dos locais piloto e os inventários de flexibilidade, passando pelos Casos de Uso especificados, até aos KPIs e requisitos de monitorização correspondentes. Explica também como estes resultados apoiam a arquitetura técnica, a gestão de dados, o desenvolvimento de algoritmos, a preparação dos pilotos, a integração, os testes e a avaliação de desempenho no LEONARDO.

5.1 Utilização de Resultados no T2.5 – Requisitos Técnicos e Plano Arquitetónico

Os inquéritos aos pilotos, as especificações dos Casos de Uso e o quadro de KPIs fornecem os inputs específicos de cada piloto necessários ao desenvolvimento da arquitetura iFAAP e do roteiro de integração na T2.5. Juntamente com os requisitos das partes interessadas estabelecidos na T2.1, estes resultados apoiam a tradução das necessidades operacionais dos três pilotos em requisitos funcionais, técnicos, de informação e de implementação.

Os inquéritos aos pilotos identificam os sistemas e recursos que têm de ser representados ou ligados, incluindo sistemas industriais de monitorização e controlo, EMS, tecnologias de geração e armazenamento, ativos industriais flexíveis, fontes de dados e interfaces disponíveis. Descrevem também as restrições relevantes relativas à disponibilidade de dados, interoperabilidade, operação industrial, continuidade dos processos e capacidades de controlo. Esta informação apoia a definição dos limites do sistema, das ligações de dados e dos requisitos de integração específicos de cada piloto.

As especificações dos Casos de Uso descrevem os fluxos de trabalho previstos entre ativos industriais, sistemas de controlo e monitorização, componentes do iFAAP e atores relevantes do mercado de energia ou da rede. As respetivas sequências operacionais, variáveis de entrada, ações esperadas e trocas de informação constituem a base para as vistas funcionais e os diagramas de sequência desenvolvidos na T2.5. As diferenças entre Casos de Uso operacionais, simulados e baseados em cenários indicam também quais as funções e interfaces necessárias para cada configuração de piloto.

O quadro de KPIs complementa estes inputs ao identificar os dados e a informação de monitorização necessários para avaliar os Casos de Uso. Apoia a especificação das medições, dos resultados calculados e dos fluxos de informação que têm de estar disponíveis para a posterior monitorização e avaliação de desempenho.

A T2.5 irá consolidar estes inputs numa arquitetura iFAAP de ponta a ponta. O plano arquitetónico resultante definirá os componentes, as interfaces, as soluções de interoperabilidade e as vistas de implementação específicas de cada piloto que são necessários. O respetivo roteiro de integração orientará depois as atividades de orquestração e prototipagem na T5.2 e as configurações e implementações específicas de cada piloto na T5.3.

5.2 Utilização de Resultados no WP3 – Gestão e Recolha de Dados

Os resultados dos inquéritos aos pilotos e da modelação dos Casos de Uso específicos por piloto fornecem input direto para as atividades de gestão de dados, recolha de dados e interoperabilidade realizadas no WP3. Os inquéritos aos pilotos identificam os recursos energéticos disponíveis em cada local, incluindo sistemas de geração e armazenamento, bem como ativos flexíveis, as características relevantes dos processos industriais e as fontes de dados associadas. Esta informação ajuda a identificar as fontes de dados heterogéneas que têm de ser acedidas, recolhidas e integradas na infraestrutura de dados do LEONARDO.

As especificações dos Casos de Uso complementam esta informação ao identificar os dados necessários para cada cenário de flexibilidade. Em particular, definem os principais dados de entrada e variáveis, os sistemas envolvidos na prestação dos serviços de flexibilidade e os fluxos de informação entre eles.

Na T3.1, estes inputs apoiam a definição e adaptação dos modelos semânticos comuns, identificando as principais entidades a representar. Os ativos, processos, medições e trocas de informação identificados nos pilotos e nos Casos de Uso constituem a base para definir os conceitos e relações correspondentes. Estes são alinhados, quando aplicável, com a SAREF e as suas extensões, de modo a garantir uma representação harmonizada dos dados heterogéneos dos pilotos no quadro de interoperabilidade semântica do LEONARDO.

Na T3.2, a informação sobre as fontes de dados disponíveis, as interfaces de comunicação e as características dos dados é utilizada para definir os mecanismos necessários à recolha de dados e à integração semântica. As interfaces e fontes de dados identificadas através dos inquéritos aos pilotos apoiam a configuração dos conectores batch e streaming e dos processos ETL necessários. Ao mesmo tempo, os requisitos de dados identificados nos Casos de Uso orientam a transformação e o mapeamento semântico dos dados recolhidos para a representação comum de dados do LEONARDO.

Por fim, os sistemas, atores e trocas de informação identificados nos Casos de Uso são também relevantes para a T3.3, em particular para a integração da infraestrutura de dados do LEONARDO com os sistemas industriais e energéticos existentes e com atores externos, incluindo EMS legados e interfaces relevantes com TSO, DSO e mercados. No geral, o D2.2 estabelece a ligação entre os dados disponíveis nos locais piloto, a informação necessária para implementar os Casos de Uso, os atores envolvidos nos serviços de flexibilidade e os mecanismos de interoperabilidade e integração de sistemas abordados no WP3.

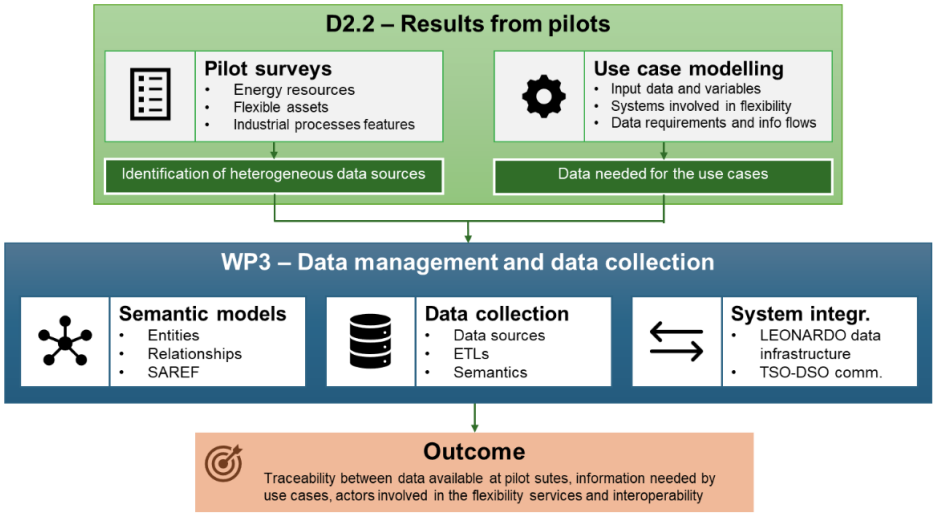


FIGURA 3: VISÃO GERAL DAS LIGAÇÕES ENTRE OS RESULTADOS DO D2.2 E O WP3

5.3 Utilização de Resultados em WP4 – Algoritmos e Serviços

Esta secção descreve de que forma os Casos de Uso especificados e os respetivos requisitos dos pilotos contribuem para o desenvolvimento de algoritmos e serviços no WP4. Os inquéritos aos pilotos e os resultados da modelação dos Casos de Uso fornecem inputs relevantes para adaptar os algoritmos e soluções desenvolvidos no WP4 às características e objetivos específicos dos clusters piloto do LEONARDO.

Em primeiro lugar, o **Contexto de Mercado e Sistema** dos Casos de Uso, em particular os mercados-alvo e os mecanismos de flexibilidade, apoia a identificação dos preços de mercado relevantes a prever na Tarefa 4.2. Além disso, as regras associadas aos mercados selecionados fornecem o contexto específico de cada piloto necessário para definir as restrições de mercado adequadas nos modelos de otimização de curto e de longo prazo desenvolvidos nas Tarefas 4.3 e 4.4, respetivamente.

Em segundo lugar, as **tecnologias de geração e armazenamento no local** identificadas em cada local piloto através dos inquéritos aos pilotos apoiam a identificação das tecnologias RES para as quais são necessárias previsões de geração específicas de cada piloto na Tarefa 4.1.

Por fim, os **ativos e processos industriais flexíveis** identificados nos pilotos são mapeados nas categorias correspondentes de **arquétipos de flexibilidade**. Esta categorização será utilizada para formular as restrições operacionais matemáticas dos respetivos arquétipos de flexibilidade na Tarefa 4.1, que serão posteriormente fornecidas como inputs aos modelos de otimização das Tarefas 4.3 e 4.4.

5.4 Utilização dos Resultados no WP5 – Configuração do Piloto, Integração, Testes e Avaliação de Desempenho

Os resultados do D2.2 fornecem uma base direta para a preparação, configuração, teste, monitorização e avaliação dos três pilotos do LEONARDO no WP5. Os inventários dos pilotos definem a infraestrutura e os recursos de flexibilidade disponíveis, os Casos de Uso especificam as

aplicações a implementar ou avaliar e o quadro de KPIs estabelece os requisitos de monitorização e avaliação correspondentes.

Na T5.1, os resultados dos inquéritos aos pilotos apoiarão a preparação de cada local piloto. Os sistemas de monitorização, as interfaces, os ativos flexíveis e a disponibilidade de dados identificados serão utilizados para avaliar a necessidade de sensores, atuadores, gateways, plataformas, protocolos ou outras adaptações adicionais. Os requisitos de monitorização dos KPIs orientarão a recolha de dados de referência e a elaboração dos perfis de consumo industrial pré-LEONARDO. Estas linhas de base servirão de referência para a avaliação posterior dos resultados dos pilotos.

Na T5.2, o roteiro de integração desenvolvido na T2.5 será utilizado para combinar os componentes do iFAAP desenvolvidos nos WP3 e WP4 num protótipo comum. As características dos pilotos e os fluxos de trabalho dos Casos de Uso definidos no D2.2 apoiarão a configuração das combinações de componentes necessárias e a sua interação com os EMS industriais, as interfaces de mercado e os ativos de monitorização existentes. A T5.2 realizará também testes pré-piloto em pequena escala, utilizando dados sintéticos ou fictícios quando apropriado, para verificar a orquestração e o funcionamento do protótipo integrado em diferentes condições de operação e perante possíveis falhas do sistema. A estrutura modular do iFAAP permitirá preparar instâncias específicas de cada piloto para implementação na T5.3.

Na T5.3, os Casos de Uso constituirão a base para a configuração, implementação e teste, específicos de cada piloto, dos componentes relevantes do LEONARDO. Os sistemas, os dados de entrada, a lógica operacional e as restrições descritos no D2.2 orientarão a implementação dos respetivos cenários. Consoante a maturidade e o âmbito de cada Caso de Uso, as atividades poderão incluir testes operacionais, simulação ou avaliação baseada em cenários. Os KPIs e os parâmetros de monitorização associados serão utilizados para acompanhar a implementação e documentar os efeitos técnicos, operacionais, económicos e sistémicos daí resultantes.

Na T5.4, os resultados de monitorização da T5.3 serão comparados com as linhas de base estabelecidas na T5.1 e avaliados com base no quadro de KPIs definido no D2.2. A avaliação abrangerá a linha de base pré-LEONARDO, o desempenho após a implementação dos componentes relevantes do iFAAP e os parâmetros necessários para avaliar os impactos a longo prazo. Os resultados dos KPIs contribuirão para a avaliação tecnoeconómica, a avaliação ambiental e a análise de escalabilidade e replicabilidade previstas na T5.4. Através desta sequência, o D2.2 liga a caracterização inicial dos locais piloto à integração técnica, à implementação específica de cada piloto e à avaliação final de desempenho das soluções LEONARDO.

Conclusões

Este entregável consolida os resultados dos inquéritos aos pilotos, da modelação de Casos de Uso específicos por piloto e do desenvolvimento de KPIs realizados nas T2.3 e T2.4. Fornece uma descrição estruturada dos três pilotos do LEONARDO, dos seus processos industriais e sistemas energéticos, dos recursos de flexibilidade disponíveis e das condições técnicas e operacionais que condicionam a sua utilização.

Os resultados dos inquéritos revelam configurações de flexibilidade substancialmente diferentes entre os pilotos. O piloto italiano integra cargas industriais distribuídas, geração, armazenamento de energia, hidrogénio e recursos de mobilidade elétrica numa área de distribuição local. O piloto austríaco integra flexibilidade baseada em processos em dois locais da indústria alimentar, incluindo processos de moagem e produção, refrigeração e armazenamento a frio, complementados por geração fotovoltaica no local e armazenamento em baterias. O piloto búlgaro-grego integra grandes processos industriais intensivos em eletricidade, com potencial para a agregação da flexibilidade tanto a nível nacional como transfronteiriço.

Com base nestas características, foram definidos oito Casos de Uso específicos por piloto. Abrangem a agregação e coordenação de recursos distribuídos, a resposta flexível aos preços do mercado diário (Day-Ahead), a participação em mecanismos nacionais de equilíbrio, possíveis mecanismos futuros de flexibilidade ao nível da distribuição e a coordenação nacional, multinível e transfronteiriça da flexibilidade industrial. Os Casos de Uso refletem diferentes níveis de maturidade técnica e de mercado e, por isso, combinam abordagens operacionais, analíticas, simuladas e baseadas em cenários.

O quadro de KPIs associa cada Caso de Uso a indicadores que refletem os seus objetivos e resultados esperados. Os KPIs selecionados abrangem o desempenho da flexibilidade e o desempenho operacional, os impactos na rede e no sistema, os efeitos económicos, a adequação da flexibilidade, a eficiência energética, os impactos ambientais e o investimento. Constituem a base para definir as linhas de base e os requisitos de monitorização, acompanhar a implementação dos Casos de Uso e avaliar os resultados alcançados ou baseados em cenários durante as atividades piloto subsequentes.

Os resultados do D2.2 fornecem contributos específicos de cada piloto para os requisitos técnicos e o plano arquitetónico do iFAAP na T2.5, para as atividades de gestão de dados e interoperabilidade no WP3 e para os serviços de previsão e otimização no WP4. Apoiarão também a preparação dos pilotos e a monitorização da linha de base na T5.1, a integração e prototipagem do iFAAP na T5.2, a implementação e monitorização específicas de cada piloto na T5.3 e a avaliação holística do desempenho na T5.4.

No geral, o D2.2 estabelece uma base comum e rastreável para traduzir os diferentes recursos de flexibilidade industrial dos três pilotos em Casos de Uso definidos, em indicadores de desempenho mensuráveis e nas atividades técnicas e piloto subsequentes do LEONARDO.

LEONARDO

Número de proyecto: 101215528

Acrónimo del proyecto: LEONARDO

D2.2 - Casos de uso específicos de los pilotos y definición del marco de evaluación del rendimiento

Fecha: 29-10-2026

Autor: Andrea Moser (EEE)

Traducción al español: Francisco Miguel Herrero (CARTIF)

Este proyecto ha recibido financiación del programa LIFE de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención n.º 101215528.

Datos contractuales del proyecto

Título del proyecto	fLexibility sErvices prOvision eNAbled fRom aggregated inDustrial prOsumers
Acrónimo	LEONARDO
Acuerdo de subvención No.	101215528
Fecha de inicio	1 septiembre 2025
Fecha de fin	31 agosto 2028
Duración	36 meses
Sitio web	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Detalles del entregable

Número	2.2
Título	Casos de uso específicos de los pilotos y definición del marco de evaluación del rendimiento
Paquete de trabajo	2
Nivel de difusión[1]	PU
Fecha prevista de entrega	31-08-2026
Fecha de entrega	29-10-2026
Responsable del entregable	EEE
Autores colaboradores	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE), Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Dimitris Katsikas (Stomana), Grigoris Dimopoulos (Stomana), Michaela Papageorgiou (HelleniQ), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)

[1] PU = Público
CO = Confidencial, únicamente para los miembros del consorcio (incluidos los servicios de la Comisión)

Revisores	UPAT, STOMANA
Revisión final y aprobación de calidad	29-10-2026

HISTORIAL DEL DOCUMENTO

FECHA	VERSIÓN	NOMBRE	CAMBIOS
24-07-2026	0.1	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Índice
11-09-2026	0.2	Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT) Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)	Integración de las aportaciones de los líderes de WP y de los pilotos
18-09-2026	0.3	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Primera version preliminar
01-10-2026	1.0	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Versión final tras la revisión

Aviso legal

Copyright © 2025 LEONARDO Consortium Partners. Todos los derechos reservados.

LEONARDO es un proyecto LIFE apoyadoporlaComisiónEuropea en el Tratado nº 1000. 101215528. Para más información sobre el proyecto, sus socios y actividades, por favor contacte con infoleonardo@fbk.eu. La copiao distribución en cualquierforma o por ningún medio no puede realizarse sin el consentimiento previo por escritodel titular de los derechos de propiedad.

Sin embargo, las opiniones expresadas son únicamente de los autores y no reflejannecesariamente las de la Unión Europeao CINEA. Ni la Unión Europeani la autoridad que otorga la autoridad pueden ser responsables de ellos. La responsabilidad de la información y las opiniones expresadasen ellas recaen enteramente en los autores.

Resumen ejecutivo

El entregable D2.2 define los casos de uso específicos de los pilotos y el correspondiente marco de evaluación del rendimiento para los tres emplazamientos piloto de LEONARDO en Italia, Austria y Bulgaria/Grecia. El documento consolida los resultados de los estudios de los pilotos realizados en la Tarea 2.3 y las actividades de definición de KPI llevadas a cabo en la Tarea 2.4.

Los estudios de los pilotos ponen de manifiesto diferencias significativas entre los tres casos en términos de sectores industriales, escala, recursos de flexibilidad disponibles, contexto de red y de mercado, infraestructura de control y disponibilidad de datos. El piloto italiano combina cargas industriales con generación distribuida, almacenamiento, hidrógeno y recursos de movilidad eléctrica dentro de un área de distribución local. El piloto austriaco abarca dos emplazamientos de la industria alimentaria cuyos principales recursos de flexibilidad incluyen procesos de molienda y otras cargas de producción, refrigeración y almacenamiento frigorífico, generación fotovoltaica y almacenamiento en baterías. El piloto búlgaro-griego comprende la producción de acero y polipropileno, ambas intensivas en consumo eléctrico, con una flexibilidad dominada por grandes cargas industriales.

Se modelizaron ocho casos de uso específicos de los pilotos siguiendo una estructura común. El piloto italiano aborda la agregación de flexibilidad industrial, la participación en el mercado nacional de balance y la operación de un mercado local de flexibilidad. El piloto austriaco analiza la respuesta flexible a los precios del mercado diario (Day-Ahead), así como el posible uso de la flexibilidad industrial en un eventual mercado de flexibilidad a nivel de distribución. El piloto búlgaro-griego evalúa la agregación dentro de Bulgaria y la agregación transfronteriza entre las áreas de mercado de Bulgaria y Grecia.

El marco de KPI traduce los objetivos y resultados esperados de los casos de uso en indicadores medibles. Dependiendo del grado de madurez y del alcance de cada caso de uso, los KPI se evaluarán mediante datos monitorizados, comparaciones con condiciones de referencia o de operación habitual y escenarios representativos. Los indicadores abarcan la flexibilidad y el rendimiento operativo, los impactos sobre la red y el sistema, los efectos económicos, la idoneidad de la flexibilidad, la eficiencia energética, los impactos ambientales y la inversión.

Los perfiles resultantes de los pilotos, las especificaciones de los casos de uso y los repositorios de KPI proporcionan una base común para la definición de los requisitos técnicos y de la arquitectura iFAAP en la Tarea 2.5, las actividades de gestión de datos e interoperabilidad del WP3, el desarrollo de servicios de predicción y optimización en el WP4, y las actividades de preparación, integración, prototipado, ensayo, monitorización y evaluación del rendimiento de los pilotos en el WP5.

Abreviaturas

Sigla	Denominación original	Traducción al español
ARERA	Italian Regulatory Authority for Energy, Networks and Environment	Autoridad italiana de regulación de la energía, las redes y el medio ambiente
BESS	Battery Energy Storage System	Sistema de almacenamiento de energía en baterías
BRP	Balance Responsible Party	Responsable de balance
BSP	Balancing Service Provider	Proveedor de servicios de balance
COP	Coefficient of Performance	Coeficiente de rendimiento
DAM	Day-Ahead Market	Mercado diario
DER	Distributed Energy Resource	Recurso energético distribuido
DSF	Demand-Side Flexibility	Flexibilidad del lado de la demanda
DSO	Distribution System Operator	Operador del sistema de distribución
EAF	Electric Arc Furnace	Horno de arco eléctrico
EMS	Energy Management System	Sistema de gestión de la energía
ESCO	Energy Service Company	Empresa de servicios energéticos
ETL	Extract, Transform, Load	Extracción, transformación y carga
FOET	Fuel Oil Equivalent Tonne	Tonelada equivalente de fuelóleo
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
iFAAP	Industrial Flexibility Activation and Aggregation Platform	Plataforma de activación y agregación de flexibilidad industrial
KPI	Key Performance Indicator	Indicador clave de rendimiento

Sigla	Denominación original	Traducción al español
LF	Ladle Furnace	Horno cuchara
LFM	Local Flexibility Market	Mercado local de flexibilidad
MASE	Italian Ministry of Environment and Energy Security	Ministerio italiano de Medio Ambiente y Seguridad Energética
MLF	Market for Local Flexibility	Mercado de flexibilidad local
MSD	Mercato dei Servizi di Dispacciamento	Mercado de servicios de despacho
PS	Pilot Site	Emplazamiento piloto
RES	Renewable Energy Sources	Fuentes de energía renovable
SAREF	Smart Applications REFerence Ontology	Ontología de referencia para aplicaciones inteligentes
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Sistema de supervisión, control y adquisición de datos
SGAM	Smart Grid Architecture Model	Modelo de arquitectura de redes inteligentes
SOC	State of Charge	Estado de carga
TSO	Transmission System Operator	Operador del sistema de transporte
UC	Use Case	Caso de uso
UVA	Unità Virtuale Abilitata	Unidad virtual habilitada
UVAM	Unità Virtuale Abilitata Mista	Unidad virtual habilitada mixta

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos 8
1 INTRODUCCIÓN 10
1.1 Objeto y alcance del entregable 10
1.2 Contribución a los objetivos e hitos del WP2 10
1.3 Relación con otras tareas y paquetes de trabajo de LEONARDO 10
1.4 Estructura del entregable 11
2 Estudios de los pilotos y caracterización de los emplazamientos piloto 12
2.1 Enfoque, alcance y estructura de los estudios de los pilotos 12
2.2 Resultados de los estudios de los pilotos 12
2.2.1 Piloto nº1: resultados del estudio del piloto italiano 13
2.2.2 Emplazamiento piloto n.º 2: resultados del estudio del piloto austriaco 23
2.2.3 Emplazamiento piloto n.º 3: resultados del estudio del piloto búlgaro-griego. 30
2.3 Perfiles consolidados de los emplazamientos piloto e inventario de flexibilidad 36
3 Modelado de casos de uso específicos de los pilotos 38
3.1 Enfoque y estructura del modelado de casos de uso 38
3.2 Resultados del modelado de casos de uso por piloto 39
3.2.1 Emplazamiento piloto nº1: piloto italiano 39
3.2.1.1 UC- IT-01 – Agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos 41
3.2.1.2 UC-IT-02 – Operación en el mercado nacional de balance 45
3.2.1.3 UC-IT-03 – Operación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la red del DSO 50
3.2.2 Emplazamiento piloto n.º 2: piloto austriaco 55
3.2.2.1 UC-AT-01 – Análisis de diferentes estrategias de participación en el mercado energético en Austria 56
3.2.2.2 UC-AT-02 – Diseño de un mercado de flexibilidad a nivel de distribución 61
3.2.2.3 UC-AT-03 – Coordinación multinivel de la flexibilidad 66
3.2.3 Emplazamiento piloto n.º 3: piloto búlgaro-griego 71
3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Agregación de la flexibilidad industrial búlgara dentro de la frontera nacional 73
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial BG/GR 80
3.3 Registro consolidado de casos de uso 86
4 Evaluación del rendimiento y marco de KPI 87
4.1 Enfoque de evaluación y estructura del marco 88

4.2 Repositorio de KPI y parámetros de monitorización 88
4.2.1 Emplazamiento piloto n.º 1: piloto italiano 88
4.2.2 Emplazamiento piloto n.º 2: piloto austriaco 92
4.2.3 Emplazamiento piloto n.º 3: piloto búlgaro-griego 94
4.3 Marco consolidado de evaluación del rendimiento 97
5 Trazabilidad y utilización de los resultados de D2.2 100
5.1 Utilización de los resultados en la T2.5 – Requisitos técnicos y modelo de arquitectura 100
5.2 Utilización de los resultados en el WP3 – Gestión y recopilación de datos 101
5.3 Utilización de los resultados en el WP4 – Algoritmos y servicios 102
5.4 Utilización de los resultados en el WP5 – Preparación de los pilotos, integración, pruebas y evaluación del rendimiento 103
Conclusiones 105

1 INTRODUCCIÓN

El entregable D2.2 – Casos de uso específicos de los pilotos y definición del marco de evaluación del rendimiento presenta los resultados de la Tarea 2.3 – Estudios de los pilotos y escenarios de casos de uso y de la Tarea 2.4 – Marco de evaluación y formulación de KPI.

El entregable consolida la información específica de los pilotos recopilada en el marco de LEONARDO, el modelado de los correspondientes casos de uso (UC) y la definición del marco de evaluación del rendimiento asociado. De este modo, proporciona una base común para describir los distintos emplazamientos piloto, los escenarios relacionados con la flexibilidad que se abordarán en el proyecto y los indicadores que se utilizarán para su posterior evaluación.

1.1 Objeto y alcance del entregable

El propósito de este entregable es proporcionar una representación armonizada de los resultados generados en la Tarea 2.3 y la Tarea 2.4 para los tres emplazamientos piloto de LEONARDO.

El documento abarca tres elementos principales: la caracterización de los emplazamientos piloto y de su potencial de flexibilidad, el modelado detallado de los casos de uso específicos de cada piloto y la definición de los correspondientes indicadores clave de rendimiento (KPI), específicos tanto del piloto como del caso de uso, así como del marco de monitorización asociado.

En conjunto, estos elementos establecen el marco de casos de uso específicos de los pilotos y de evaluación del rendimiento previsto para el D2.2.

1.2 Contribución a los objetivos e hitos del WP2

El WP2 – Definición de las bases para la prestación de servicios de mercado basados en la flexibilidad industrial mediante el aprovechamiento de innovaciones en EMS establece la base para las posteriores actividades de desarrollo, implementación y evaluación dentro de LEONARDO. Entre sus objetivos se incluyen la definición de escenarios y servicios de casos de uso específicos de los pilotos y el desarrollo de un marco de monitorización y evaluación, junto con el resto de fundamentos técnicos, empresariales, regulatorios y arquitectónicos del proyecto.

Dentro de este alcance general, el D2.2 consolida los resultados de las Tareas 2.3 y 2.4 mediante la definición de los casos de uso específicos de los pilotos y del correspondiente marco de evaluación del rendimiento. Estos resultados contribuyen directamente al Hito 2 – Marco de evaluación y estudios de los pilotos disponibles, para el que el D2.2 constituye el medio de verificación definido.

1.3 Relación con otras tareas y paquetes de trabajo de LEONARDO

Dentro del WP2, la información de los emplazamientos piloto y las definiciones de los casos de uso desarrolladas en la Tarea 2.3 sirven como entrada para la Tarea 2.5 – Requisitos técnicos y modelos de arquitectura, en la que se definen con mayor detalle la arquitectura iFAAP de LEONARDO y la hoja de ruta de integración.

Los resultados de las Tareas 2.3 y 2.4 también sirven como base para los desarrollos técnicos posteriores en los WP3 y WP4. Además, los resultados de los estudios de los pilotos y de los casos de uso respaldan las actividades de preparación y ensayo de los emplazamientos piloto en las Tareas 5.1 y 5.3, mientras que el marco de evaluación del rendimiento desarrollado en la Tarea 2.4 da

soporte al establecimiento de referencias de partida, los ensayos y la posterior evaluación del rendimiento en las Tareas 5.1, 5.3 y 5.4.

La trazabilidad entre los resultados del D2.2 y su utilización en las actividades posteriores de LEONARDO se describe con mayor detalle en el Capítulo 5.

1.4 Estructura del entregable

El entregable se estructura en cinco capítulos principales:

El Capítulo 1 introduce el objeto y alcance del D2.2, su contribución al WP2 y su relación con las tareas y paquetes de trabajo posteriores de LEONARDO.

El Capítulo 2 presenta el enfoque seguido para los estudios de los pilotos y la caracterización resultante de los tres emplazamientos piloto de LEONARDO.

El Capítulo 3 presenta el enfoque de modelado de los casos de uso específicos de los pilotos y las especificaciones resultantes de dichos casos de uso.

El Capítulo 4 presenta el marco de evaluación del rendimiento y de KPI, incluidos los KPI específicos de cada piloto y caso de uso, así como los correspondientes parámetros de monitorización.

El Capítulo 5 establece la relación entre las características de los emplazamientos piloto, los casos de uso y los KPI, y describe cómo se utilizan los resultados del D2.2 en las actividades posteriores de LEONARDO.

2 Estudios de los pilotos y caracterización de los emplazamientos piloto

Este capítulo presenta el enfoque y los resultados de los estudios de los pilotos realizados en el marco de la Tarea 2.3.

Estos estudios proporcionan una base común para caracterizar los tres emplazamientos piloto de LEONARDO y las instalaciones industriales implicadas, prestando especial atención a su situación energética, las tecnologías energéticas y activos industriales existentes, los recursos de flexibilidad disponibles, la disponibilidad de datos y las condiciones operativas relevantes.

La información resultante se consolida en las siguientes secciones en forma de perfiles armonizados de los emplazamientos pilotos.

2.1 Enfoque, alcance y estructura de los estudios de los pilotos

Se desarrolló una plantilla común para los estudios de los pilotos con el fin de recopilar y estructurar de forma coherente la información de referencia de los tres emplazamientos piloto de LEONARDO. La plantilla se diseñó para proporcionar una visión suficientemente completa de la situación actual de los emplazamientos industriales participantes, garantizando al mismo tiempo que la información recopilada fuera directamente relevante para la identificación y posterior evaluación de la flexibilidad industrial.

El estudio abarca tres áreas principales de información. La primera parte recoge información básica del emplazamiento piloto, incluida la demanda energética, la carga punta y las características del perfil de carga, la conexión a red y las condiciones de control relevantes. La segunda parte identifica las tecnologías existentes de generación y almacenamiento in situ y documenta sus principales características, la disponibilidad de datos y su posible relevancia para LEONARDO. La tercera parte se centra en los activos y procesos industriales flexibles, incluidas sus características energéticas, la clasificación de flexibilidad, los datos e interfaces disponibles, la granularidad de los datos y las restricciones operativas o relacionadas con el proceso que resulten relevantes.

Para facilitar una descripción coherente de los diferentes recursos de flexibilidad entre los distintos emplazamientos piloto, la plantilla aplica asimismo una clasificación común de la flexibilidad, que proporciona información relevante para los desarrollos del WP4.

La plantilla de estudio de los pilotos fue cumplimentada para cada emplazamiento piloto y la información facilitada fue revisada y armonizada con el fin de garantizar una presentación coherente entre los tres pilotos. Los resultados consolidados de estos estudios se presentan en los apartados siguientes.

2.2 Resultados de los estudios de los pilotos

Esta sección presenta la información recopilada para cada emplazamiento piloto. Los resultados proporcionan una descripción objetiva de la configuración de cada uno de ellos, incluidas sus características energéticas, la infraestructura existente, los sistemas de generación y almacenamiento in situ, los activos y procesos industriales, la flexibilidad disponible y las condiciones operativas relevantes.

2.2.1 Piloto nº1: resultados del estudio del piloto italiano

Descripción general del piloto y emplazamientos industriales participantes

El emplazamiento piloto italiano abarca el territorio del municipio de Storo (TN), al que presta servicio el DSO local CEDIS. CEDIS es una cooperativa hidroeléctrica histórica y está regulada por un marco legislativo específico que permite a este tipo de cooperativas actuar tanto como productores de energía como operadores de red dentro de su territorio.

CEDIS se divide, de hecho, en dos entidades: por una parte, el operador de la red y, por otra, la cooperativa energética, que cuenta con más de 3.500 socios, entre ciudadanos y empresas locales, que se benefician de precios de electricidad más reducidos y de un consumo de energía 100 % renovable.

La cooperativa energética posee y opera 6 centrales hidroeléctricas y 12 plantas fotovoltaicas, con una generación renovable aproximada de 25 GWh/año. El objetivo de aprovechar la flexibilidad industrial local es maximizar el consumo local de la generación procedente de fuentes de energía renovable (RES) y minimizar las importaciones desde la red nacional, mejorando al mismo tiempo la gestión de la red y reduciendo los problemas de congestión.

En la siguiente figura se representa el área de CEDIS, incluyendo las líneas de media tensión (MT), los centros de transformación MT/BT y las instalaciones hidroeléctricas y fotovoltaicas.

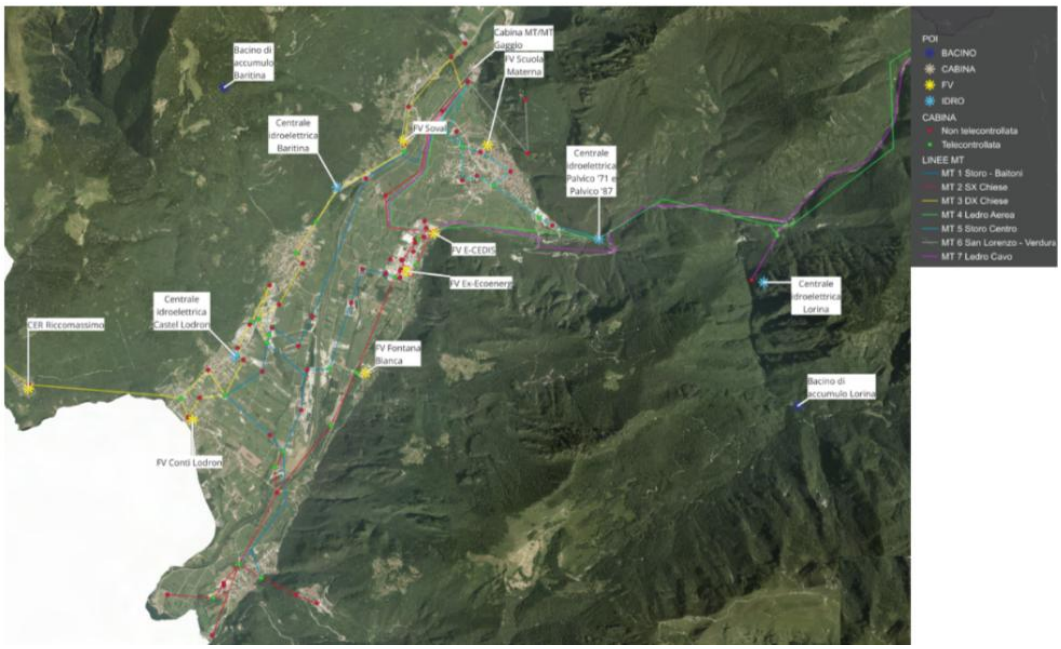


FIGURA 1: PILOTO N°1 – LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE CEDIS

En cuanto a los socios industriales implicados en los ensayos de flexibilidad, existen tres actores principales, todos ellos ubicados en la misma zona industrial del municipio:

- **Innova (+ Katana):** gran fabricante industrial de bombas de calor, con varias líneas de producción de componentes, bombas de calor para calefacción y refrigeración de los espacios interiores, carretillas elevadoras eléctricas y estaciones de recarga de vehículos eléctricos, compresores y procesos de pintura alimentados con gas.

- **Poncial:** empresa del sector siderúrgico especializada en forja en caliente y estampación, con tres líneas de estampación de acero y una línea de temple.
- **Polytec Energy:** integrador de sistemas y empresa de ingeniería especializada en automatización industrial y transición energética. La empresa desarrolla software de **sistemas de gestión de la energía (EMS)**, instalaciones de energías renovables y sistemas robóticos adaptados a la industria pesada, la fabricación y la logística. Su emplazamiento local participa en la activación de flexibilidad mediante un nuevo **electrolizador de 1 MW** y **dos sistemas de almacenamiento en baterías**, apoyados por una producción fotovoltaica local significativa.

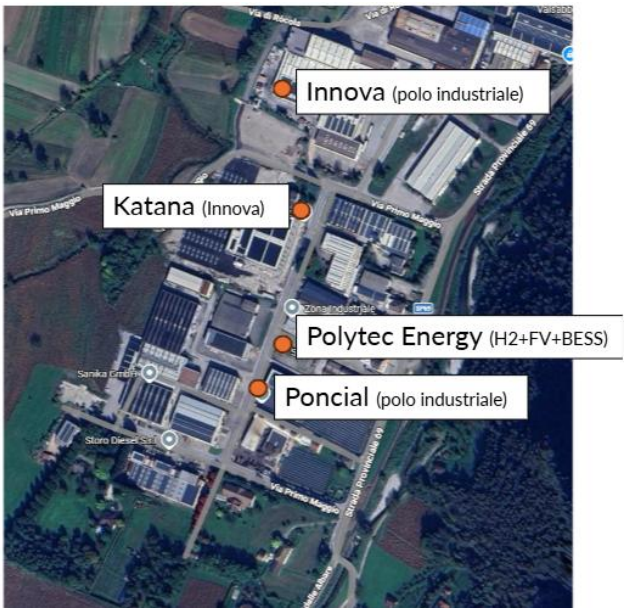


FIGURA 2: PILOTO N°1 – SOCIOS INDUSTRIALES Y PRINCIPALES ACTORES

En el marco de las actividades del WP2, se llevó a cabo un estudio para identificar y caracterizar los activos de cada uno de los actores implicados, con el objetivo de recopilar datos técnicos como capacidades, valores y patrones de producción y consumo, y clasificarlos según su arquetipo de flexibilidad, es decir, en función de si pueden prestar servicios de flexibilidad o regulación y, en su caso, de qué tipo.

Los resultados de este estudio se presentan en los siguientes subapartados.

Datos básicos del piloto

Dado que el emplazamiento piloto está compuesto por cuatro actores diferentes pero interconectados, a continuación, se presentan las principales estadísticas energéticas de cada uno de ellos.

CEDIS puede contribuir a la flexibilidad de su propia red de dos formas. En primer lugar, como productor, mediante la regulación de su producción hidroeléctrica, ya que dos de sus centrales disponen de embalse y, por tanto, pueden modular su producción. En segundo lugar, actuando como operador de red, mediante la activación de un mercado local de flexibilidad, que podría

implementarse como un mercado plenamente abierto o mediante acuerdos bilaterales de flexibilidad con grandes consumidores, como Innova.

No obstante, resulta fundamental disponer de una visión adecuada del conjunto del sistema del área piloto, teniendo en cuenta sus particularidades geográficas y las restricciones de la red. En la red de CEDIS, un día típico de consumo sigue el conocido "perfil de pato" (duck curve/profile), con picos de consumo a primera hora de la mañana y al final de la tarde o principio de la noche.

En cualquier caso, la variabilidad global de la carga puede considerarse alta, aunque el consumo total de la red sigue un determinado patrón que, hasta cierto punto, puede predecirse. Actualmente se está desarrollando e implantando un sistema EMS completo para supervisar toda la red de distribución, cuya entrada en operación está prevista antes de finales de 2026.

La red está conectada a la red nacional mediante un punto de conexión de 15 MW, con un transformador de respaldo de la misma capacidad. Sus límites operativos están, naturalmente, condicionados por la necesidad de satisfacer la demanda de los usuarios.

TABLA 1: PILOTO Nº1 – DATOS BÁSICOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Consumo [MWh/a]	Pico de carga [MW]	Periodo pico	Variabilidad de la carga	Capacidad de conexión [MW]	EMS disponible
28 413	7.177	Day	High	15	Soon

En cuanto a los usuarios industriales, cada una de las tres industrias presenta sus propias particularidades.

Las líneas de producción de Innova operan en dos turnos de trabajo, de 6:00 a 14:00 y de 14:00 a 22:00. El consumo alcanza un máximo por la mañana, aproximadamente entre las 9:00 y las 10:00, y posteriormente se mantiene relativamente constante, aunque a un nivel algo inferior durante el segundo turno, cuando no todas las líneas de producción están activas.

La carga punta es aproximadamente el doble de la carga base, aunque el patrón de consumo es regular a lo largo del año. Aunque existe cierto margen de flexibilidad en determinadas cargas, las principales líneas de producción están condicionadas por la necesidad de operar durante los turnos programados.

Durante la primera parte de 2026, Innova instaló un número elevado de contadores inteligentes conectados al EMS para mejorar la monitorización del consumo de las distintas líneas de producción y edificios/oficinas, incluido el consumo de las bombas de calor destinadas a HVAC. Esto permite disponer de una mejor monitorización en tiempo real de los procesos industriales, facilitando la aplicación de medidas de eficiencia cuando sea necesario y, a futuro, la coordinación entre el consumo, las previsiones de precios del mercado y la optimización de la operación.

Poncial dispone de tres puntos de conexión distintos en media tensión. La demanda máxima, observada desde la perspectiva de la red —por lo que no incluye el autoconsumo procedente de la generación fotovoltaica—, es de 1.250 kW y se produce durante el horario de trabajo, entre las 6:00 y las 18:00.

No obstante, la energía tomada de la red presenta una variabilidad elevada, con días en los que la punta alcanza aproximadamente el 50 % de la punta anual y con fluctuaciones de entre 200 y 300 kW durante las horas de trabajo. En 2025, el consumo anual de electricidad procedente de la red fue de 3.151 MWh.

Polytec, por su parte, no presenta el perfil típico de una industria con una curva de carga estable y una producción constante. El emplazamiento todavía debe iniciar su operación y, inicialmente, su perfil de carga estará dominado por un único electrolizador.

La operación de este equipo dependerá tanto de la demanda de hidrógeno —todavía pendiente de confirmación— como, especialmente, de la producción de las plantas fotovoltaicas de Polytec. Por ello, se espera que el perfil de carga presente una variabilidad muy elevada, pudiendo abarcar todo el rango de capacidad del electrolizador.

Al tratarse de una instalación completamente nueva, el sistema integrado de hidrógeno, almacenamiento en baterías y generación fotovoltaica (H_2-BESS-PV) está equipado con un EMS que permite la monitorización en tiempo real y una regulación precisa, también en función de los precios de la electricidad de la red y de posibles iniciativas de participación en mercado.

En la siguiente tabla, la disponibilidad del EMS se indica como "Próximamente", ya que la instalación se encuentra actualmente en fase final de puesta a punto y todavía no está operativa.

TABLA 2: PILOTO Nº1 – DATOS BÁSICOS DE LOS EMPLAZAMIENTOS INDUSTRIALES

	Consumo [MWh/a]	Pico de carga [MW]	Periodo de pico	Variabilidad de la carga	Capacidad de la conexión [MW]	EMS disponible
Innova	1 155	0.3	Day	High	MV 1.08	YES
Poncial	3 151	1.292	Day	High	MV 1.44	Soon
Polytec	4 731	1	Day	High	MV 1.2	Soon

Generación y tecnologías de almacenamiento in situ

En lo que respecta a las tecnologías de generación in situ, CEDIS dispone de una amplia cartera de activos, que incluye instalaciones fotovoltaicas (2,146 MW de capacidad acumulada), centrales hidroeléctricas de pasada (Run-of-River, 3,816 MW de capacidad acumulada) y centrales hidroeléctricas asociadas a embalses (1,35 MW de capacidad acumulada y 4,4 MWh de almacenamiento).

Además, CEDIS posee y opera plantas fotovoltaicas con una potencia agregada de 1,503 MW y una central hidroeléctrica de pasada de 0,88 MW situadas fuera de su propia red, cuya producción se contabiliza mediante mecanismos de participación en el mercado.

En el caso de Innova, están en funcionamiento dos instalaciones fotovoltaicas en cubierta, con una potencia total de 1 MW, para las que se dispone de datos históricos y que están conectadas y son

accesibles a través del EMS. En cuanto a las tecnologías de almacenamiento, Innova dispone de un gran depósito de agua contra incendios utilizado como almacenamiento térmico, que se carga mediante una bomba de calor y proporciona una capacidad de almacenamiento de 3,5 MWh térmicos. Suponiendo un COP de 3, esto equivale aproximadamente a 1,15 MWh eléctricos.

Por su parte, Poncial dispone de dos instalaciones fotovoltaicas en cubierta con una potencia total de 300 kW. Los datos históricos procedentes de la monitorización inteligente solo están disponibles parcialmente y no se encuentran desagregados por activo. No obstante, la empresa está instalando actualmente —septiembre de 2026— nuevos contadores inteligentes e implantando un nuevo sistema EMS.

Polytec aporta al proyecto un sistema más complejo, representado en la siguiente figura. El sistema cuenta con cuatro plantas fotovoltaicas, dos de ellas asociadas a sistemas de almacenamiento en baterías. Además, existen otras dos plantas fotovoltaicas y un BESS situados fuera de la red de CEDIS, que se contabilizan mediante mecanismos de participación en el mercado.

En conjunto, la capacidad fotovoltaica situada dentro de la red asciende a 3,527 MW, asociada a una capacidad acumulada de almacenamiento de 5,08 MWh. Los activos situados fuera de la red local aportan 1,2 MW adicionales de potencia fotovoltaica y 1,075 MWh de capacidad BESS.

Por último, el sistema de Polytec contará también con dos depósitos de almacenamiento de hidrógeno, con una capacidad total de 190 kg de H_2. Se trata de una forma de almacenamiento químico que, dependiendo del sistema de conversión empleado, podría utilizarse para suministrar electricidad adicional en esa zona de la red; por ejemplo, mediante pila de combustible, con una conversión de 15–18 kWh/kg, o mediante turbina de gas, con 10–14 kWh/kg.

Todos los componentes del sistema de Polytec son de reciente puesta en servicio y el acceso y disponibilidad de los datos están garantizados a través del EMS.

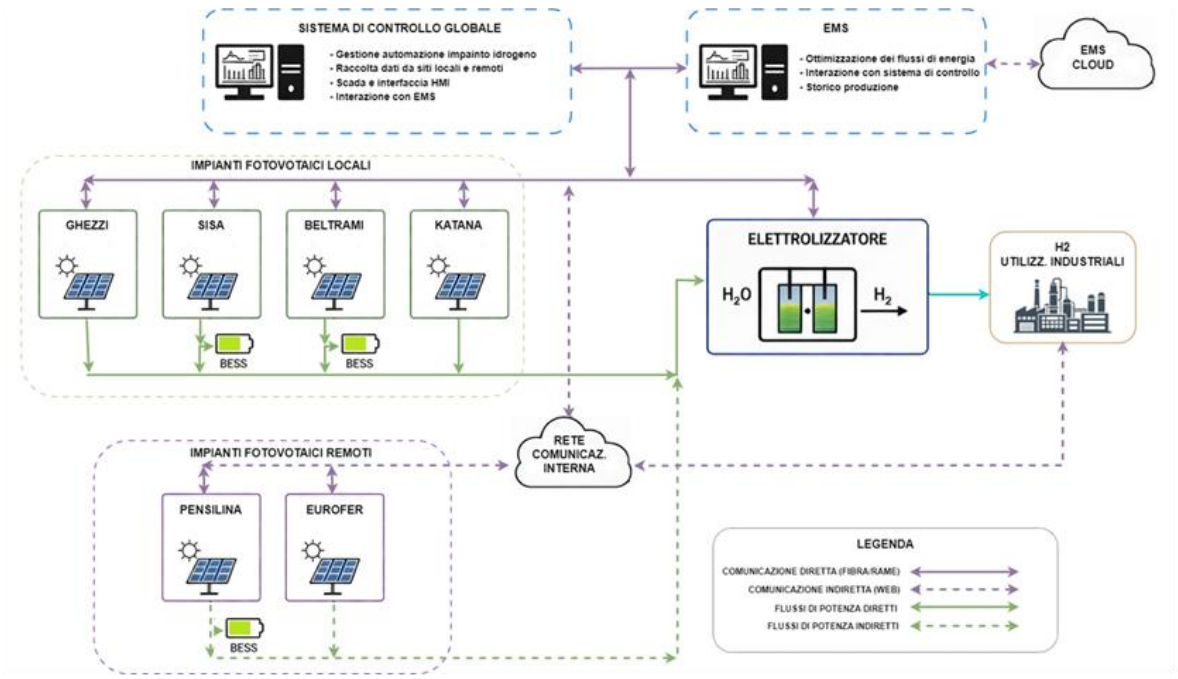


FIGURA 3: PILOTO #1 – VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA ENERGÉTICO DE POLYTEC

TABLA 3: PILOTO #1 – TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO IN SITU

Tecnología ID	Tecnología	Capacidad instalada	¿Participa en LEONARDO?	Clasificación de flexibilidad	Disponibilidad de datos	Acceso a datos
1	CEDIS FV red local	2.146 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
2	CEDIS FV remota	1.503 MW	No	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
3	CEDIS Hydro RoR	3.816 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
4	CEDIS Lorina Hydro Storage	1 MW 3.3MWh	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación gestionable; B – Almacenamiento implícito o explícito – Reserva de almacenamiento material	Si	SCADA/EMS
5	Hidroeléctrica CEDIS Baritina con almacenamiento	0.35 MW 1.1 MWh	SI	C – Generación eléctrica in situ – Generación gestionable; B – Almacenamiento implícito o explícito – Reserva de almacenamiento material	Si	SCADA/EMS

6	Hidroeléctrica de pasada CEDIS – remota	0.880 MW	No	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
7	Innova FV	0.43 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES	Si	SCADA/EMS
8	Katana FV	0.56 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
9	Depósito contra incendios de Innova	3.5 MWhth	Si	B – Almacenamiento implícito o explícito – Almacenamiento térmico	Si	SCADA/EMS
10	FV Polytec – dentro de la red	3.527 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
11	BESS Polytec – dentro de la red	5.08 MWh	Si	B – Almacenamiento implícito o explícito – Sistema de almacenamiento de energía en baterías	Si	SCADA/EMS
12	FV Polytec – remota	1.2 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Si	SCADA/EMS
13	BESS Polytec – remoto	1.075 MWh	Si	B – Almacenamiento implícito o explícito –	Si	SCADA/EMS

				Sistema de almacenamiento de energía en baterías		
14	Almacenamiento de H_2 de Polytec	190 kg H2	Si	B – Almacenamiento implícito o explícito – Reserva de almacenamiento material	Si	SCADA/EMS
15	FV Poncial	0.3 MW	Si	C – Generación eléctrica in situ – Generación no gestionable (RES)	Parcial	SCADA/EMS

Activos y procesos industriales flexibles

Por último, el estudio analizó los activos de consumo final, definiendo sus principales características —como la carga pico y el consumo anual— y clasificándolos en función del nivel de flexibilidad que pueden proporcionar.

CEDIS, al ser operador de red y productor de energía renovable, no dispone de activos industriales que deban incluirse en esta sección.

Por su parte, Innova cuenta con varios procesos que fueron identificados durante las actividades del proyecto. No obstante, es poco probable que las principales líneas y procesos de producción puedan participar en escenarios de flexibilidad, ya que las restricciones asociadas a los turnos de trabajo son demasiado limitantes.

Aun así, la empresa dispone de una amplia variedad de activos auxiliares que encajan adecuadamente en el marco de flexibilidad. Existen dos tipos distintos de estaciones de recarga de vehículos eléctricos para los empleados durante el horario laboral: unas permiten modular la potencia de salida, mientras que otras funcionan únicamente en modo encendido/apagado.

Además, existe un número elevado de bombas de calor para climatización interior, así como una bomba de calor destinada a cargar un gran depósito interno de almacenamiento térmico. Estas bombas de calor pueden modularse fácilmente entre el 30 % y el 100 % de su capacidad nominal, siendo la principal restricción adicional el mantenimiento de las condiciones de confort térmico interior para los trabajadores.

Poncial dispone de tres puntos de conexión diferentes en media tensión y opera tres hornos de inducción para acero —400 kW, 800 kW y 400 kW— y una línea de temple de 203,7 kW.

No fue posible evaluar en detalle el nivel de flexibilidad que estos activos podrían garantizar. No obstante, los hornos de inducción presentan una capacidad de modulación elevada y rápida —en cuestión de segundos o minutos— y disponen de una inercia térmica que puede aprovecharse durante periodos cortos, de entre 5 y 15 minutos, sin comprometer la calidad del producto.

En el caso del horno de la línea de temple, de aproximadamente 200 kW, este periodo puede prolongarse hasta una hora.

Tampoco fue posible caracterizar con detalle otros procesos, como sierras, equipos de granallado, maquinaria de corte y una estación de recarga de carretillas elevadoras. No obstante, la empresa se encuentra actualmente instalando nuevos contadores inteligentes y un EMS centralizado, por lo que estos activos se incorporarán a futuros análisis.

Por último, todos los activos de Polytec presentan un potencial de flexibilidad relevante. El electrolizador puede tanto reprogramar su funcionamiento en el tiempo como ajustar su potencia, aunque está sujeto a determinadas restricciones operativas, como un número limitado de ciclos de encendido/apagado al día y un tiempo de subida y bajada de carga de aproximadamente 20 minutos.

Además, el electrolizador únicamente funcionará cuando la energía de entrada proceda directamente de las plantas fotovoltaicas de Polytec o de los sistemas BESS conectados, quedando excluida la posibilidad de consumir electricidad directamente de la red.

TABLA 4: PILOTO Nº1 – ACTIVOS Y PROCESOS INDUSTRIALES FLEXIBLES

ID del activo	Activo o proceso	Carga pico y periodo	Clasificación de flexibilidad	Disponibilidad de datos	Disponibilidad de datos / interfaz de acceso/ fuente	Granularidad	Restricciones principales
1	Cargadores de VE Innova (regulables)	132 kW Diurno	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia regulable	SI	SCADA/ EMS	15-min	Trabajadores cargando coches durante turnos
2	Cargadores de VE Innova (on/off)	220 kW Diurno	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia fija	Si	SCADA/ EMS	15-min	Trabajadores cargando coches durante turnos

3	Bomba de calor del depósito contra incendios de Innova	12 kW - Flexible	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia regulable	No	SCADA/ EMS	15-min	1)Mínimo nivel de carga del tanque 2)30% de carga mínima
4	Diversas bombas de calor HVAC de Innova	259 kW Turnos	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia regulable	Sí, para la mayoría de los edificios	SCADA/ EMS	15-min	1)Confort térmico interior 2)30% mínimo de carga
5	Electrolizador de Polytec	1 MW Diurno	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia regulable	Datos actuales disponibles; datos históricos aún no disponibles	SCADA/ EMS	15-min	1)Encendido/ apagado limitado 2)Rampa subida/bajada = 20min
6	BESS de Polytec conectado a la red local	2.4 MW flexible	B – Almacenamiento explícito – BESS	Datos actuales disponibles; datos históricos aún no disponibles	SCADA/ EMS	15-min	
7	BESS remoto de Polytec	0.5 MW flexible	B – Almacenamiento explícito – BESS	Datos actuales disponibles; datos históricos aún no disponibles	SCADA/ EMS	15-min	
8	Hornos de estampación de Poncial	1.6 MW	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia regulable	Octubre de 2026; sin datos históricos	SCADA/ EMS	15-min	1)Encendido y apagado limitados 2)Modulación máxima <15min

9	Horno de temple de Poncial	0.2 MW	A – Proceso reprogramable – Interrumpible, con potencia regulable	Octubre de 2026; sin datos históricos disponibles	SCADA/ EMS	15-min	1)Encendido y apagado limitados 2)Modulación máxima <1h

2.2.2 Emplazamiento piloto n.º 2: resultados del estudio del piloto austriaco

Descripción general del piloto y emplazamientos industriales participantes

El piloto austriaco está situado en el sureste de Estiria e incluye dos emplazamientos industriales, Gsellmann Mischfuttererzeugung y Fleischhof Raabtal, que presentan procesos productivos y perfiles de consumo energético diferentes.

EEE coordina el piloto austriaco. EVON actúa como centro de datos del piloto y proporciona acceso a los datos industriales a través de los sistemas instalados en ambos emplazamientos. Esto facilita la recopilación e interpretación de los datos energéticos y de proceso, y permite comprender mejor las lógicas de operación y control existentes.

Gsellmann opera en el sector de la producción de piensos. Sus actividades incluyen la recepción de grano, secado, molienda, laminado, prensado, mezclado, transporte y almacenamiento en silos. El consumo eléctrico está determinado principalmente por motores y equipos de producción que funcionan tanto en procesos continuos como por lotes. La disponibilidad de almacenamiento intermedio dentro del sistema productivo permite reprogramar determinadas etapas del proceso dentro de los límites establecidos por el plan de producción.

Fleischhof Raabtal opera en el sector del procesado de carne, con actividades que incluyen el sacrificio, corte y procesado de carne, refrigeración, almacenamiento frigorífico y operación de zonas de trabajo con temperatura controlada. Su perfil de consumo eléctrico está fuertemente condicionado por la demanda continua de refrigeración.

Por tanto, su potencial de flexibilidad depende principalmente de la inercia térmica de los espacios refrigerados y de la posibilidad de ajustar temporalmente el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, manteniendo en todo momento las temperaturas requeridas, los requisitos de higiene y las condiciones de seguridad alimentaria.

Los resultados del estudio proporcionan una visión armonizada de la situación energética, la conexión a red, los sistemas de gestión energética, las tecnologías de generación y almacenamiento in situ y los activos industriales potencialmente flexibles de ambos emplazamientos.

La información se presenta por separado para cada emplazamiento industrial. Los datos energéticos y operativos adicionales proporcionados por ambas empresas complementan los resultados del estudio. A lo largo de la sección se diferencian claramente los valores confirmados, las estimaciones y la información que requiere una mayor especificación.

El siguiente bloque es Datos básicos del piloto, donde ya entramos en consumo, carga pico, conexión a red, restricciones operativas y sistemas de gestión y control.

Datos básicos del piloto

- **Consumo energético:** Gsellmann presenta un consumo eléctrico anual total de aproximadamente **3.700 MWh**. Debido a la electricidad generada por las instalaciones fotovoltaicas situadas en el propio emplazamiento, la electricidad importada anualmente desde la red pública se reduce a aproximadamente **2.371 MWh**. El emplazamiento presenta además un consumo térmico anual de aproximadamente **7.000 MWh**, requerido principalmente en forma de vapor de proceso para la producción de piensos.
- Fleischhof Raabtal presenta un consumo eléctrico anual total de aproximadamente **5.800 MWh**. Sus instalaciones fotovoltaicas in situ cubren parte de esta demanda, reduciendo la electricidad comprada anualmente a la red pública hasta aproximadamente **4.260 MWh**. El consumo térmico anual del emplazamiento asciende a aproximadamente **3.499 MWh** y está asociado a las necesidades térmicas del procesado de carne y de las operaciones relacionadas.
- **Carga pico y perfil de carga:** En Gsellmann, los picos de carga eléctrica de corta duración alcanzan hasta **1.500 kW**. La carga eléctrica es mayor durante la producción diurna y varía considerablemente en función de la operación de los molinos, rodillos y prensas incluidos en el programa de producción.
- En Fleischhof Raabtal, el perfil de carga se caracteriza por una **carga base continua asociada a la refrigeración**, combinada con cargas variables procedentes de las actividades de procesado de carne y de las zonas de trabajo con temperatura controlada. Los picos de carga se producen generalmente durante el funcionamiento diurno.
- **Conexión a red:** Gsellmann está conectado a la red de media tensión con una **capacidad de conexión contratada de 1.300 kW**. Esta capacidad define el límite habitual para el suministro eléctrico desde la red pública.
- En Fleischhof Raabtal, la conexión a red suministra la demanda eléctrica que no queda cubierta por la generación fotovoltaica in situ y permite además la exportación del excedente de electricidad fotovoltaica. El emplazamiento dispone también de **siete estaciones de recarga de corriente alterna (AC)**, cada una equipada con dos puntos de recarga de **11 kW**, y de **una estación de recarga de corriente continua (DC)** con dos puntos de recarga de **25 kW**. Esto supone un total de **16 puntos de recarga** y una potencia instalada total de recarga de **204 kW**.
- **Restricciones operativas:** En Gsellmann, la operación flexible está limitada por el límite de potencia contratada, los programas de producción, los pedidos de clientes y la necesidad de mantener la continuidad del proceso productivo.
- En Fleischhof Raabtal, los límites de temperatura, los requisitos de continuidad de la cadena de frío, las normas de higiene y los programas de procesado de carne restringen los ajustes que pueden realizarse sobre los sistemas de refrigeración y otras cargas relacionadas con la producción.
- **Gestión y control de la energía:** En ambos emplazamientos industriales se utilizan sistemas de gestión energética para monitorizar el consumo de energía y las condiciones relevantes de los procesos.
- En Gsellmann, el sistema también permite gestionar la carga a nivel de emplazamiento de acuerdo con prioridades predefinidas para los activos de producción conectados. Se dispone de datos energéticos y operativos para los molinos y prensas incluidos en el estudio.

- En Fleischhof Raabtal, se dispone de datos energéticos y de temperatura para los activos de refrigeración analizados. Los sistemas de **EVON** están instalados en ambos emplazamientos y proporcionan la interfaz de datos del piloto austriaco, poniendo a disposición de los análisis de LEONARDO los datos energéticos y de proceso relevantes, así como información sobre la lógica de control existente en cada emplazamiento.
- **Consumo energético:** Gsellmann presenta un consumo eléctrico anual total de aproximadamente **3.700 MWh**. Debido a la electricidad generada por las instalaciones fotovoltaicas situadas en el propio emplazamiento, la electricidad importada anualmente desde la red pública se reduce a aproximadamente **2.371 MWh**. El emplazamiento presenta además un consumo térmico anual de aproximadamente **7.000 MWh**, requerido principalmente en forma de vapor de proceso para la producción de piensos.
- Fleischhof Raabtal presenta un consumo eléctrico anual total de aproximadamente **5.800 MWh**. Sus instalaciones fotovoltaicas in situ cubren parte de esta demanda, reduciendo la electricidad comprada anualmente a la red pública hasta aproximadamente **4.260 MWh**. El consumo térmico anual del emplazamiento asciende a aproximadamente **3.499 MWh** y está asociado a las necesidades térmicas del procesado de carne y de las operaciones relacionadas.
- **Carga pico y perfil de carga:** En Gsellmann, los picos de carga eléctrica de corta duración alcanzan hasta **1.500 kW**. La carga eléctrica es mayor durante la producción diurna y varía considerablemente en función de la operación de los molinos, rodillos y prensas incluidos en el programa de producción.
- En Fleischhof Raabtal, el perfil de carga se caracteriza por una **carga base continua asociada a la refrigeración**, combinada con cargas variables procedentes de las actividades de procesado de carne y de las zonas de trabajo con temperatura controlada. Los picos de carga se producen generalmente durante el funcionamiento diurno.
- **Conexión a red:** Gsellmann está conectado a la red de media tensión con una **capacidad de conexión contratada de 1.300 kW**. Esta capacidad define el límite habitual para el suministro eléctrico desde la red pública.
- En Fleischhof Raabtal, la conexión a red suministra la demanda eléctrica que no queda cubierta por la generación fotovoltaica in situ y permite además la exportación del excedente de electricidad fotovoltaica. El emplazamiento dispone también de **siete estaciones de recarga de corriente alterna (AC)**, cada una equipada con dos puntos de recarga de **11 kW**, y de **una estación de recarga de corriente continua (DC)** con dos puntos de recarga de **25 kW**. Esto supone un total de **16 puntos de recarga** y una potencia instalada total de recarga de **204 kW**.
- **Restricciones operativas:** En Gsellmann, la operación flexible está limitada por el límite de potencia contratada, los programas de producción, los pedidos de clientes y la necesidad de mantener la continuidad del proceso productivo.
- En Fleischhof Raabtal, los límites de temperatura, los requisitos de continuidad de la cadena de frío, las normas de higiene y los programas de procesado de carne restringen los ajustes que pueden realizarse sobre los sistemas de refrigeración y otras cargas relacionadas con la producción.

- **Gestión y control de la energía:** En ambos emplazamientos industriales se utilizan sistemas de gestión energética para monitorizar el consumo de energía y las condiciones relevantes de los procesos.
- En Gsellmann, el sistema también permite gestionar la carga a nivel de emplazamiento de acuerdo con prioridades predefinidas para los activos de producción conectados. Se dispone de datos energéticos y operativos para los molinos y prensas incluidos en el estudio.
- En Fleischhof Raabtal, se dispone de datos energéticos y de temperatura para los activos de refrigeración analizados. Los sistemas de **EVON** están instalados en ambos emplazamientos y proporcionan la interfaz de datos del piloto austriaco, poniendo a disposición de los análisis de LEONARDO los datos energéticos y de proceso relevantes, así como información sobre la lógica de control existente en cada emplazamiento.

Generación y tecnologías de almacenamiento in situ

Ambos emplazamientos industriales disponen de generación fotovoltaica in situ.

Gsellmann opera dos instalaciones fotovoltaicas de 1.500 kWp cada una, lo que supone una potencia instalada conjunta de 3.000 kWp. La producción eléctrica anual de estas instalaciones asciende aproximadamente a 2.799 MWh, de los cuales alrededor de 1.339 MWh se vierten a la red.

Gsellmann también ha instalado un sistema de almacenamiento de energía en baterías con una capacidad de 6 MWh. Está previsto que la batería entre en servicio en 2026.

Fleischhof Raabtal opera instalaciones fotovoltaicas con una potencia instalada total de 1.757 kWp. La producción eléctrica anual de estas instalaciones asciende aproximadamente a 1.810 MWh, de los cuales alrededor de 118 MWh se vierten a la red.

Asimismo, está prevista una ampliación adicional de las instalaciones fotovoltaicas de aproximadamente 250–300 kWp. El emplazamiento también está considerando la futura instalación de un sistema de almacenamiento en baterías.

TABLA 4: PILOTO Nº2 – TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO IN SITU –

ID de tecnología	Tecnología	Capacidad instalada	¿Participa en LEONARDO?	Clasificación de flexibilidad	Disponibilidad de datos	Acceso a los datos
GS-PV1	PV – Gsellmann	1,500 kWp	Si	Generación eléctrica in situ; Clase C; generación no gestionable (RES)	Datos actuales e históricos disponibles	Sistema de gestión energética instalado
GS-PV2	PV – Gsellmann	1,500 kWp	Si	Generación eléctrica in situ; Clase C; generación no gestionable (RES)	Datos actuales e históricos disponibles	Sistema de gestión energética instalado

GS-BESS1	Almacenamiento de energía en baterías – Gsellmann	6 MWh	Si	Almacenamiento implícito o explícito; Clase B; almacenamiento de energía en baterías	Actualmente no se dispone de datos operativos	Acceso previsto a través del sistema instalado tras la puesta en servicio
FR-PV1	FV – Fleischhof Raabtal	1,757 kWp	Si	Generación eléctrica in situ; Clase C; generación no gestionable (RES)	Datos actuales e históricos disponibles	Sistema instalado / exportación de datos

Activos y procesos industriales flexibles

Los dos emplazamientos industriales presentan perfiles de flexibilidad claramente diferentes.

En Gsellmann, la flexibilidad ya se utiliza internamente para limitar los picos de demanda de la red y mantener la carga del emplazamiento dentro de la capacidad contratada de conexión a red de 1.300 kW. El sistema de gestión de carga existente sigue una secuencia de prioridades predefinida. Cuando la carga del emplazamiento se aproxima al límite de conexión, determinados molinos pueden pasar primero de funcionamiento en carga a funcionamiento en vacío y, posteriormente, desconectarse si se requiere una reducción adicional de la carga.

Las opciones de operación disponibles dependen del tipo de activo. Los molinos y rodillos pueden funcionar en carga, continuar funcionando en vacío o desconectarse. Las prensas de grano no disponen de un modo de funcionamiento en vacío, por lo que únicamente pueden continuar produciendo o desconectarse. El inventario de flexibilidad se centra en los activos de producción integrados en el sistema de gestión de carga existente.

Gsellmann trabaja con plazos de producción cortos y puede modificar la secuencia de las órdenes de producción dentro de un mismo día. Por tanto, la opción más realista para aportar flexibilidad adicional consiste en desplazar determinadas etapas de producción dentro de una ventana de varias horas, por ejemplo, hacia periodos con mayor generación fotovoltaica o con precios de electricidad más favorables. Los requisitos de producción y las prioridades de los clientes siguen siendo las principales restricciones.

En Fleischhof Raabtal, los sistemas de refrigeración y almacenamiento frigorífico representan los principales procesos con potencial de flexibilidad. Los activos de refrigeración relevantes comprenden cámaras de congelación y refrigeración, así como una sala de trabajo con temperatura controlada.

La cámara de congelación funciona en un rango de entre 40 y 130 kW y presenta un consumo eléctrico anual aproximado de 456 MWh. Su temperatura debe mantenerse en −18 °C o por debajo.

La cámara de refrigeración funciona entre 10 y 85 kW y presenta un consumo eléctrico anual aproximado de 277 MWh. Su temperatura objetivo es de +2 °C.

La sala de trabajo con temperatura controlada debe mantenerse entre 8 °C y 12 °C. Los niveles mínimos de funcionamiento reflejan que determinados componentes de los sistemas de refrigeración operan de forma prácticamente continua.

El potencial de flexibilidad deriva de la posibilidad de ajustar el funcionamiento de la refrigeración dentro de los límites de temperatura permitidos, aprovechando la inercia térmica de las zonas refrigeradas. El preenfriamiento predictivo podría permitir desplazar parte de la demanda de refrigeración en respuesta a los precios de la electricidad y a las condiciones meteorológicas.

No obstante, todavía deben confirmarse con el emplazamiento el margen admisible de variación de temperatura, la duración de la reducción de carga y la demanda posterior necesaria para recuperar las condiciones de operación.

En ambos emplazamientos, las capacidades instaladas y los rangos de operación no equivalen directamente a una flexibilidad disponible en todo momento. La flexibilidad disponible durante un periodo concreto depende del estado de la producción, de las prioridades existentes de gestión de carga, de los límites de temperatura y del tiempo durante el cual puede mantenerse un determinado ajuste. Estos parámetros se evaluarán con mayor detalle utilizando los datos operativos disponibles.

TABLA 5: PILOTO Nº2 – ACTIVOS Y PROCESOS INDUSTRIALES FLEXIBLES

ID del activo	Activo o proceso	Carga pico y periodo	Clasificación de flexibilidad	Disponibilidad de datos	Interfaz / Fuente de acceso a los datos	Granularidad	Principales restricciones
GS-A1	Molino de grano 3.01 – Gsellmann	140 kW, horario diurno; funcionamiento en vacío a 20 kW	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-A2	Molino de grano 3.02 – Gsellmann	80 kW, horario diurno; funcionamiento en vacío a 10 kW	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-A3	Rodillo 3.01 – Gsellmann	30 kW, horario diurno; funcionamiento en vacío a 10 kW	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	No indicado	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción

GS-A4	Prensa de grano 4.01 – Gsellmann	100 kW, horario diurno	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-A5	Prensa de grano 5.01 – Gsellmann	80 kW, horario diurno	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-A6	Prensa de grano 6.01 – Gsellmann	100 kW, horario diurno	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-B1	Molino de grano 310 – Gsellmann	170 kW, horario diurno; funcionamiento en vacío a 30 kW	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-B2	Rodillo 310 – Gsellmann	25 kW, horario diurno; funcionamiento en vacío a 15 kW	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min indicado en encuesta	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-B3	Prensa de grano 1 – Gsellmann	110 kW, horario diurno	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min indicado en encuesta	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción
GS-B4	Prensa de grano 2 – Gsellmann	110 kW, horario diurno	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Datos actuales disponibles; sin datos históricos	Exportación mediante EVON; en preparación un suministro de datos más frecuente	15-min indicado en encuesta	Condiciones de suministro eléctrico; plan de producción

FR-A1	Cámara de congelación – Fleischhof Raabtal	40–130 kW, horario diurno; 456 MWh en 2025	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia regulable	Datos actuales e históricos disponibles	Sistema instalado mediante EVON; conexión periódica de datos en preparación	15-min	La temperatura debe mantenerse a −18 °C o por debajo
FR-A2	Cámara de refrigeración – Fleischhof Raabtal	10–85 kW, horario diurno; 277 MWh en 2025	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia regulable	Datos actuales e históricos disponibles	Sistema instalado mediante EVON; conexión periódica de datos en preparación	15-min	Temperatura objetivo de +2 °C
FR-A3	Sala de trabajo con temperatura controlada – Fleischhof Raabtal	Capacidad y carga pico no indicadas; horario diurno	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia regulable	Datos actuales e históricos disponibles	Sistema instalado mediante EVON; conexión periódica de datos en preparación	15-min	La temperatura debe mantenerse entre 8 °C y 12 °C

2.2.3 Emplazamiento piloto n.º 3: resultados del estudio del piloto búlgaro-griego.

Descripción general del piloto y emplazamientos industriales participantes

El piloto búlgaro-griego es un piloto transnacional que abarca dos áreas de balance interconectadas: el área de balance de Sofía, operada por el TSO búlgaro ESO, y el área de Tesalónica, operada por el TSO griego IPTO. Ambas áreas están conectadas mediante la interconexión transfronteriza de transporte eléctrico entre Bulgaria y Grecia.

El estudio abarca los dos emplazamientos industriales del piloto, uno a cada lado de la frontera: el clúster industrial búlgaro, integrado por STOMANA Industry, SofiaMed y ETEM Gestamp, y el Complejo Industrial de Tesalónica de HELLENiQ ENERGY, en Grecia. UPAT actúa como coordinador del piloto en ambos lados.

STOMANA Industry es un fabricante de acero cuya planta comprende cuatro áreas principales de producción —acería, tren de chapa, tren de laminación y molino de bolas— y se encuentra entre los cinco mayores consumidores de electricidad de Bulgaria. Dentro del piloto, STOMANA también actúa como agregador de flexibilidad para el clúster industrial búlgaro que lidera. Participa directamente en los mercados búlgaros diario e intradiario de energía, operados por IBEX, actuando como su propio Responsable de Balance (BRP).

SofiaMed desarrolla procesos de fundición, laminación y extrusión de cobre, cubriendo etapas que van desde la fusión y colada de cobre y aleaciones de cobre hasta la conformación del material mediante laminación y extrusión.

ETEM Gestamp centra su actividad en la extrusión de aluminio y en procesos posteriores asociados, y dispone además de una instalación fotovoltaica in situ.

El Complejo Industrial de Tesalónica de HELLENiQ ENERGY es una refinería de tipo hydro-skimming que opera mediante un proceso continuo de refino. Este proceso comienza con la destilación del crudo y continúa con procesos secundarios e hidrotratamiento, junto con la producción petroquímica asociada, entre la que destaca una línea de producción de polipropileno.

El emplazamiento está conectado a la red de transporte de IPTO y participa, a través de un agregador, en los mercados griegos diario e intradiario de energía operados por HEnEx.

Los dos lados del piloto representan sectores industriales claramente diferenciados —producción de acero mediante horno de arco eléctrico, procesado de cobre y aluminio y refino de petróleo— y, como muestran los apartados siguientes, presentan perfiles de flexibilidad fundamentalmente distintos.

Se recibieron cuestionarios completos de los cuatro emplazamientos industriales, que cubren los datos básicos del piloto, las tecnologías de generación y almacenamiento in situ y los activos y procesos industriales flexibles. Los resultados que se presentan a continuación recogen la información tal y como fue proporcionada; cuando algún dato no fue facilitado o no resultaba aplicable, se indica expresamente.

Datos básicos del piloto

- Consumo energético: Las cifras comunicadas se refieren a los emplazamientos industriales individuales y no al piloto en su conjunto. STOMANA declara un consumo eléctrico anual de 412.576 MWh; no se comunicó ninguna cifra de consumo térmico. SofiaMed declara un consumo eléctrico de 85.453,53 MWh/año, mientras que ETEM Gestamp declara 25.600 MWh/año de consumo eléctrico, sin que se haya comunicado ningún valor de consumo térmico en ninguno de los dos emplazamientos.
- HELLENiQ declara un consumo eléctrico anual de 227.493 MWh y un consumo térmico anual de 146.765,5 FOET, equivalente a 1.640.581 MWh, lo que refleja el carácter del proceso de refino basado en combustibles.
- Carga pico y perfil de carga: STOMANA declara una carga eléctrica pico de 115 MW, SofiaMed de 15,4 MW, ETEM Gestamp de 5,5 MW y HELLENiQ de 31,3 MW. Todos los emplazamientos indican que la demanda pico se produce durante el día. STOMANA, ETEM Gestamp y HELLENiQ presentan una baja variabilidad de carga, mientras que SofiaMed presenta una alta variabilidad.
- Conexión a red: Los emplazamientos participantes están conectados a distintos niveles de tensión. STOMANA está conectada en muy alta tensión, por encima de 150 kV, con una capacidad de conexión declarada de 200 MVA y 180 MVA para cada una de sus dos líneas. SofiaMed está conectada en alta tensión, con suministro a 110 kV. ETEM Gestamp declara un nivel de transformación de 20/0,4 kV dentro de su infraestructura eléctrica. HELLENiQ está conectada en alta tensión, dentro del rango de 36–150 kV, con una capacidad de conexión

declarada de 89 MVA para cada una de sus dos líneas. La infraestructura eléctrica declarada se mantiene coherente con la orientación de los casos de uso del piloto hacia el TSO.

- Restricciones operativas: Ambos lados del piloto declaran restricciones operativas y, en ambos casos, estas son de tipo programación. Ninguno de los emplazamientos declaró límites de demanda ni de inyección.
- Gestión y control de la energía: Ambos lados del piloto declaran disponer de un EMS, utilizado a nivel de emplazamiento industrial. STOMANA y ETEM Gestamp operan sistemas EMS de Schneider Electric, SofiaMed declara disponer de un EMS, mientras que HELLENiQ utiliza los sistemas EMS Powernet y Protasis Zenon. Actualmente, los datos de proceso de ambos lados se obtienen mediante exportación manual. La batería de STOMANA es accesible mediante una interfaz SCADA/EMS y la instalación fotovoltaica de ETEM Gestamp también es accesible a través de una interfaz SCADA/EMS.

Generación y tecnologías de almacenamiento in situ

El estudio identificó dos tecnologías energéticas in situ en el conjunto del piloto: una instalación de almacenamiento de energía en baterías de 0,2 MWh en STOMANA y 4 MW de generación fotovoltaica en ETEM Gestamp.

La batería de STOMANA está incluida en las actividades de LEONARDO y es accesible a través de una interfaz SCADA/EMS, mientras que la instalación fotovoltaica se monitoriza mediante su infraestructura EMS/SCADA. STOMANA declaró no disponer de instalaciones fotovoltaicas, hidroeléctricas, de cogeneración, eólicas o de hidrógeno, mientras que HELLENiQ indicó "no aplicable" para todas estas categorías, lo que significa que el emplazamiento griego no dispone de generación ni almacenamiento in situ.

Esta constituye una característica definitoria del piloto búlgaro-griego y lo diferencia de los otros dos pilotos de LEONARDO: al no existir recursos energéticos distribuidos significativos en ninguno de los dos lados, la flexibilidad del piloto depende casi por completo de los propios procesos industriales, más que de activos de generación o almacenamiento.

La batería de 0,2 MWh es demasiado pequeña en comparación con las cargas pico de 115 MW y 31,3 MW de los emplazamientos como para contribuir de forma significativa a la participación en el mercado, por lo que su relevancia reside principalmente en servir como punto de referencia para el acceso a datos y la integración del control.

La instalación fotovoltaica de 4 MW tampoco modifica de forma significativa esta caracterización, ya que su escala sigue siendo limitada en comparación con la demanda industrial del clúster y su contribución se produce principalmente como generador local, más que como un recurso flexible de relevancia.

TABLA 6: PILOTO Nº3 – TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO IN SITU

ID de tecnología	Tecnología	Capacidad instalada	¿Participa en LEONARDO?	Clasificación de flexibilidad	Disponibilidad de datos	Acceso a los datos
batt 1	Almacenamiento de energía en baterías (STOMANA)	0.2 MWh	Si	Almacenamiento implícito o explícito; Clase B; almacenamiento de energía en baterías	Disponible	SCADA/EMS
pv 1	Fuente de energía renovable no gestionable (ETEM)	4 MW	Si	Generación eléctrica in situ; Clase C	Disponible	SCADA/EMS

Activos y procesos industriales flexibles

El tipo de actividad industrial desarrollado en cada emplazamiento determina la flexibilidad disponible. STOMANA opera procesos de producción de acero por vía eléctrica, en los que la acería presenta demandas de potencia muy elevadas durante coladas discretas que pueden adelantarse o retrasarse dentro del plan de producción. Los cuatro grupos de activos flexibles declarados por STOMANA se clasifican dentro del arquetipo Proceso reprogramable (Clase A), con el subtipo Proceso interrumpible de potencia fija, y representan la mayor parte del consumo del emplazamiento.

SofiaMed y ETEM Gestamp también declaran procesos industriales reprogramables, aunque con niveles de potencia inferiores y características de producción diferentes. HELLENiQ, por el contrario, opera un proceso continuo de refino en el que, según indica el propio emplazamiento, los ajustes del proceso son poco frecuentes y están condicionados por las necesidades de producción.

En el lado búlgaro, los activos declarados por STOMANA son la fusión de chatarra en hornos de arco eléctrico (195 MVA instalados, 205,08 GWh/año y 107 MW de pico no coincidente), la metalurgia secundaria en hornos cuchara (36 MVA, 26,53 GWh/año y 34,8 MW), el resto de la acería (13 MVA, 22,59 GWh/año y 11,3 MW) y las unidades de filtración (17 MVA, 18,4 GWh/año y 14,4 MW). Los tres primeros presentan sus picos durante el día y las unidades de filtración durante la noche.

Debe tenerse en cuenta una consideración importante respecto al resto de la acería: de su carga total, únicamente el proceso de colada, de aproximadamente 5 MVA, se considera capaz de proporcionar flexibilidad. Las potencias de los motores de las distintas unidades de la acería están confirmadas, pero la capacidad flexible, el momento en el que puede ofrecerse y su disponibilidad siguen dependiendo de la validación de los límites del proceso, actualmente en curso dentro del piloto.

SofiaMed declara tres grupos principales de procesos de transformación del cobre: fundición (33,88 GWh/año, pico de 7,01 MW), laminación (41,83 GWh/año, pico de 8,77 MW) y extrusión (9,74 GWh/año, pico de 1,76 MW). Los tres presentan sus picos durante el día y se identifican como procesos reprogramables. Por tanto, su flexibilidad está asociada principalmente al ajuste temporal

de las operaciones de producción intensivas en electricidad dentro del programa de producción, sujeto a los requisitos de continuidad productiva y calidad del producto.

ETEM Gestamp declara procesos de extrusión de aluminio (15,57 GWh/año), procesado secundario (4,47 GWh/año) y un grupo adicional de procesos industriales (0,56 GWh/año). Los tres se clasifican como Proceso reprogramable (Clase A), interrumpible, de potencia fija. Por tanto, su flexibilidad está asociada principalmente al desplazamiento o interrupción de las operaciones de producción dentro de las ventanas de programación permitidas, mientras que la capacidad flexible exacta, su momento de disponibilidad y su duración siguen dependiendo de la validación a nivel de proceso.

En el lado griego, el único activo declarado es el motor del extrusor de la línea de producción de polipropileno, con una potencia instalada de 5.400 kW, un consumo de 70.459 MWh/año y una carga pico de 4.670 kW. Puede ajustarse hasta un máximo de 1 MW de su consumo; las principales restricciones están relacionadas con los requisitos del proceso y las necesidades comerciales de la planta, y no existe un periodo específico de consumo pico, ya que el consumo varía en función del tipo de polipropileno que se esté produciendo.

Existen dos diferencias entre los emplazamientos que resultan relevantes para el trabajo de modelado. La primera es la escala: el clúster búlgaro combina los activos flexibles de STOMANA, que operan con potencias de decenas de megavatios, con otros procesos reprogramables de SofiaMed y ETEM Gestamp, mientras que la parte ajustable del activo de HELLENiQ está limitada a aproximadamente 1 MW. Por tanto, el lado búlgaro domina la flexibilidad agregada del piloto.

La segunda diferencia es la granularidad de los datos: los datos del clúster búlgaro están disponibles con una resolución de 15 minutos, mientras que los datos de HELLENiQ están disponibles con resolución horaria, lo que limita la resolución temporal con la que puede caracterizarse el agregado transfronterizo. En ambos lados se dispone de datos actuales e históricos, que actualmente se obtienen mediante exportación manual.

TABLA 7: PILOTO Nº3 – ACTIVOS Y PROCESOS INDUSTRIALES FLEXIBLES

ID del activo	Activo o proceso	Pico de carga y periodo	Clasificación de flexibilidad	Disponibilidad de datos	Interfaz / Fuente de acceso a los datos	Granularidad	Principales restricciones
BG-A1	Fusión de chatarra – EAF (STOMANA)	107 MW día	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Límites del proceso
BG-A2	Metalurgia secundaria – LF (STOMANA)	34.8 MW día	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Límites del proceso

BG-A3	Resto de la acería – colada (STOMANA)	11.3 MW día	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	De la carga correspondiente al resto de la acería, únicamente la colada (aprox. 5 MVA) es flexible
BG-A4	Unidades de filtración (STOMANA)	14.4 MW noche	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Límites del proceso
BG-A5	Fundición (SofiaMed)	7.01 MW, día	Proceso reprogramable (A)	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Programa de producción
BG-A6	Laminación (SofiaMed)	8.77 MW, día	Proceso reprogramable (A)	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Programa de producción / restricciones del proceso
BG-A7	Extrusión (SofiaMed)	1.76 MW, día	Proceso reprogramable (A)	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Programa de producción / restricciones del proceso
BG-A8	Extrusión de aluminio (ETEM Gestamp)	Máximo observado de 3,39 MW, día	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Límites del proceso
BG-A9	Procesado secundario (ETEM Gestamp)	Máximo observado de 1,01 MW, día	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Límites del proceso
BG-A10	Grupo adicional de procesos industriales (ETEM Gestamp)	Máximo observado de 0,82 MW, día	Proceso reprogramable (A): interrumpible, potencia fija	Históricos	Exportación manual desde EMS	15-min	Denominación exacta del proceso y restricciones específicas del proceso pendientes de confirmación
GR-A1	Motor del extrusor, línea de PP (HELLENiQ)	4,67 MW, sin periodo de pico específico	Proceso reprogramable (A): no interrumpible, potencia regulable	Históricos	Exportación manual desde EMS	1 hora	Máx. 1 MW regulable; requisitos del proceso y comerciales; varía según el tipo de PP

2.3 Perfiles consolidados de los emplazamientos piloto e inventario de flexibilidad

Los tres pilotos de LEONARDO representan configuraciones industriales y de sistemas energéticos sustancialmente diferentes. Su potencial de flexibilidad abarca desde cargas industriales distribuidas y recursos energéticos dentro de un área de distribución local en Italia, pasando por flexibilidad basada en procesos en dos emplazamientos de tamaño medio de la industria alimentaria en Austria, hasta grandes procesos industriales intensivos en consumo eléctrico en Bulgaria y Grecia.

El piloto italiano combina una amplia cartera de recursos energéticos distribuidos, incluidas cargas industriales, generación fotovoltaica, almacenamiento en baterías, un electrolizador y activos de movilidad eléctrica. Su configuración permite evaluar tanto servicios de balance orientados al TSO como aplicaciones de flexibilidad local a nivel de DSO.

El piloto austriaco comprende dos emplazamientos industriales con diferentes recursos de flexibilidad. En Gsellmann, la flexibilidad está asociada principalmente a la molienda y otras cargas de producción, apoyadas por generación fotovoltaica y una lógica de gestión de carga ya existente. Existe además un sistema de almacenamiento en baterías instalado cuya puesta en servicio está prevista. En Fleischhof Raabtal, el principal potencial se encuentra en la refrigeración y el almacenamiento frigorífico, donde la demanda eléctrica puede desplazarse potencialmente dentro de unos límites definidos de temperatura, higiene y producción. La flexibilidad relacionada con el DSO se evalúa mediante escenarios representativos.

El piloto búlgaro-griego presenta las mayores cargas industriales. Su flexibilidad está dominada por los procesos de producción de acero por vía eléctrica de STOMANA, mientras que la parte regulable del proceso de extrusión de polipropileno de HELLENiQ ENERGY es considerablemente menor. En comparación con los pilotos italiano y austriaco, la generación y el almacenamiento in situ desempeñan un papel limitado. Por tanto, el principal potencial de flexibilidad está asociado a la agregación y a la programación de la demanda industrial orientada al mercado.

TABLA 8: PERFILES CONSOLIDADOS DE LOS EMPLAZAMIENTOS PILOTO E INVENTARIO DE FLEXIBILIDAD

Piloto	Contexto industrial	Principales recursos de flexibilidad	Contexto energético, de control y de restricciones
Piloto italiano	Consumidores industriales dentro del área de distribución de CEDIS	Cargas industriales, sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS), electrolizadores, infraestructura de recarga de vehículos eléctricos y carretillas elevadoras, y otros recursos energéticos distribuidos (DER) controlables	Amplia variedad de activos de generación y almacenamiento de energía. La flexibilidad está limitada por los requisitos de los procesos, las limitaciones en los tiempos de respuesta, los límites operativos de los sistemas de almacenamiento y las condiciones de acceso al mercado

Piloto austriaco	Producción de piensos en Gsellmann y procesado de carne con almacenamiento frigorífico en Fleischhof Raabtal	Molienda y otras cargas de producción, sistemas de refrigeración, zonas de almacenamiento frigorífico con flexibilidad térmica y almacenamiento de energía en baterías	Ambos emplazamientos disponen de generación fotovoltaica in situ, mientras que Gsellmann cuenta con un sistema de almacenamiento de energía en baterías instalado cuya puesta en servicio está prevista. Los datos se proporcionan a través de EVON. La flexibilidad está limitada por los programas de producción, las ventanas disponibles para el desplazamiento de carga, los límites de temperatura, los requisitos de higiene y las restricciones asociadas a la cadena de frío
Piloto búlgaro-griego	Producción de acero por vía eléctrica en STOMANA, procesado de cobre en SofiaMed, procesado de aluminio en ETEM Gestamp y producción de polipropileno en HELLENiQ ENERGY	Hornos de arco eléctrico, hornos cuchara, otros procesos de la acería y unidades de filtración en STOMANA; fundición, laminación y extrusión en SofiaMed; extrusión de aluminio y cargas de procesado posterior en ETEM Gestamp; y la parte regulable del extrusor de polipropileno de HELLENiQ ENERGY	La flexibilidad está determinada principalmente por las grandes cargas industriales, mientras que la generación y el almacenamiento de energía in situ desempeñan un papel limitado. Las principales restricciones operativas son mantener la continuidad de la producción, garantizar la calidad del producto y la seguridad de los procesos, y gestionar las diferencias de granularidad de los datos entre ambos lados del piloto

En conjunto, el inventario consolidado muestra que los pilotos abarcan un amplio espectro de flexibilidad industrial, desde recursos distribuidos apoyados por sistemas de almacenamiento hasta flexibilidad basada en procesos en industrias de tamaño medio y en industrias intensivas en consumo eléctrico.

3 Modelado de casos de uso específicos de los pilotos

Este capítulo presenta la especificación detallada y el modelado de los casos de uso específicos de los pilotos. Los casos de uso ya habían sido definidos a nivel de proyecto y se desarrollaron posteriormente con mayor detalle para reflejar las condiciones específicas de los tres emplazamientos piloto de LEONARDO.

El modelado se centra en el contexto concreto de implementación de cada caso de uso. Esto incluye el contexto industrial, el contexto de mercado o del sistema, los actores implicados, la información necesaria, la secuencia operativa y el resultado esperado. También se tienen en cuenta las restricciones técnicas, operativas y regulatorias relevantes.

Se aplicó una estructura común a todos los emplazamientos piloto. Esto garantiza que los casos de uso se describan de forma coherente y comparable, reflejando al mismo tiempo las características particulares de cada piloto y de cada escenario.

3.1 Enfoque y estructura del modelado de casos de uso

Se desarrolló una plantilla común para el modelado de casos de uso con el fin de orientar la especificación detallada de los casos de uso en los tres emplazamientos piloto.

La plantilla sigue un enfoque estructurado y cubre los principales elementos necesarios para proporcionar una descripción completa de cada caso de uso. En primer lugar, cada caso de uso se presenta mediante su objetivo general, alcance y resultado esperado. A continuación, se describe el contexto industrial para identificar qué procesos, activos y recursos de flexibilidad son relevantes en el piloto correspondiente.

El contexto de mercado y del sistema define el mecanismo de flexibilidad o el entorno de mercado abordado por el caso de uso. Los actores implicados y sus funciones se describen por separado con el fin de aclarar las responsabilidades y las interacciones entre ellos.

La parte operativa de la plantilla especifica cómo se inicia el caso de uso y cómo se espera que se desarrolle el proceso. Incluye el evento desencadenante, los datos de entrada necesarios, la lógica de decisión, la acción esperada y el resultado obtenido. Los sistemas y la información necesarios para el proceso se describen junto con las principales restricciones técnicas, operativas y regulatorias.

Finalmente, cada caso de uso se resume mediante un escenario principal que presenta la secuencia operativa desde el evento desencadenante inicial hasta el resultado esperado.

El enfoque de modelado se apoya en los principios de la norma IEC 62559 y del Smart Grid Architecture Model (SGAM), que proporcionan una base estructurada para describir actores, interacciones, flujos de información y procesos operativos.

Las especificaciones de los casos de uso resultantes proporcionan una referencia común para los KPI específicos de cada piloto y caso de uso que se presentan en el Capítulo 4.

3.2 Resultados del modelado de casos de uso por piloto

Esta sección presenta los resultados detallados del modelado de los casos de uso de cada emplazamiento piloto. Cada caso de uso se describe siguiendo la estructura común definida, manteniendo al mismo tiempo su contexto industrial, operativo, de mercado y de sistema específico.

3.2.1 Emplazamiento piloto nº1: piloto italiano

Descripción general de los casos de uso del piloto

El emplazamiento piloto italiano está situado en el clúster industrial de Storo, una zona con múltiples industrias atendida por CEDIS (Consorzio Elettrico di Storo) como operador local del sistema de distribución (DSO). CEDIS es un DSO de pequeño tamaño, pero estratégicamente relevante, que gestiona una red de distribución cerrada en la que se integran varios consumidores industriales, activos de generación de energía renovable —principalmente fotovoltaica e hidroeléctrica— y una proporción creciente de recursos energéticos distribuidos flexibles (DER), incluidos sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS) y un electrolizador.

El piloto italiano contemplaba originalmente cuatro casos de uso en el Acuerdo de Subvención (GA). Estos eran: GA-UC#1, prestación de servicios de flexibilidad a partir de cargas industriales y DER agregados, facilitada por el agregador externo Flexcity mediante su plataforma propietaria de monitorización y despacho basada en Grafana y comunicada con el TSO; GA-UC#2, utilización de las capacidades de agregación y despacho dinámico de iFAAP para ofrecer tanto servicios energéticos —reducción de picos y aprovechamiento de diferenciales de precios spot— como servicios auxiliares —por ejemplo, participación de BESS en el MSD— a partir de DER, incluido el electrolizador; GA-UC#3, ampliación de las capacidades de la plataforma mediante el conjunto de herramientas iFAAP para permitir una futura participación en un mercado de servicios auxiliares más favorable a la flexibilidad del lado de la demanda (DSF) tras una reforma regulatoria; y GA-UC#4, desarrollo de mecanismos basados en el mercado para resolver congestiones locales a nivel de DSO mediante un mercado local de flexibilidad, apoyado además por una plataforma de intercambio de datos de flexibilidad entre TSO y DSO.

A lo largo del proyecto, el consorcio italiano reestructuró deliberadamente estos cuatro casos de uso en tres, con el objetivo explícito de cubrir por completo todos los servicios contemplados originalmente y, al mismo tiempo, definir un conjunto de casos de uso mejor adaptado a los activos realmente disponibles en el emplazamiento piloto, al contexto institucional de CEDIS como pequeño DSO local y a la evolución actual del marco regulatorio nacional. Los tres casos de uso revisados no suponen una reducción de la ambición del piloto, sino que consolidan y concretan los cuatro casos originales en una estructura más coherente y viable para su implementación. La correspondencia con los casos de uso originales del GA es la siguiente:

- UC-IT-01 – Agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos: cubre la dimensión de agregación y orquestación de la plataforma de GA-UC#1, GA-UC#2 y GA-UC#3. La principal diferencia respecto al GA es la sustitución del agregador externo Flexcity y de su plataforma propietaria —Grafana— por una solución interna, la plataforma FLEXIA, desarrollada en el marco del proyecto italiano FLEXIA financiado por MASE y operada directamente por CEDIS como BSP y agregador. Este cambio

es más coherente con la escala del piloto, evita la dependencia de un tercero comercial y refuerza la transferibilidad del modelo a contextos similares con pequeños DSO.

- UC-IT-02 – Operación en el mercado nacional de balance: cubre la dimensión de los servicios auxiliares y de la participación en el mercado de balance de GA-UC#2 y GA-UC#3, centrándose en recursos con tiempos de respuesta más rápidos —BESS, electrolizador y cargadores inteligentes— para servicios de restauración de frecuencia y reserva de sustitución. Proporciona una base de evidencias obtenidas mediante simulación para futuras actuaciones en el ámbito regulatorio, un enfoque más realista teniendo en cuenta que CEDIS no dispone actualmente de la condición formal de BSP. También cubre el marco de coordinación TSO–DSO previsto originalmente en GA-UC#4, mediante la participación simulada en el mercado italiano MSD/mercado de balance, gestionado por el TSO Terna.
- UC-IT-03 – Operación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la red del DSO: integra completamente GA-UC#4 y lo amplía mediante un diseño de mercado más completo —alineado con el marco LFM de la Resolución ARERA 352/2021 y con pilotos italianos activos como EDGE, MiNDFlex y RomeFlex—, incorporando además la dimensión de optimización del mercado mayorista. La presencia de CEDIS como DSO local con una red de distribución cerrada y relaciones directas con los consumidores industriales conectados hace que el enfoque de mercado local de flexibilidad resulte más natural y relevante desde el punto de vista operativo para el piloto italiano. El UC-IT-03 revisado proporciona un tratamiento más completo y técnicamente coherente de la flexibilidad a nivel de DSO, incluyendo la definición de un diseño de mercado simulado, el papel de CEDIS tanto como DSO como operador de mercado y la interacción con las condiciones del mercado mayorista.

En los tres casos de uso revisados, la plataforma FLEXIA, en combinación con iFAAP, actúa como infraestructura tecnológica común, sustituyendo la plataforma Grafana de Flexcity descrita originalmente en el GA. Esta consolidación responde tanto a la disponibilidad de la plataforma FLEXIA a través del proyecto paralelo financiado por MASE como a la necesidad de disponer de una solución unificada e interoperable capaz de dar soporte, dentro de un único entorno operativo, al balance a nivel de TSO, la flexibilidad local a nivel de DSO y la gestión energética interna.

TABLA 9: PILOTO Nº1 – DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS CASOS DE USO

UC ID	Título	Enfoque principal
UC-IT-01	Agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos	Prestación de servicios de flexibilidad mediante la agregación de cargas industriales y DER a través de la plataforma FLEXIA, con CEDIS como BSP/agregador
UC-IT-02	Operación en el mercado nacional de balance	Análisis de la participación en el mercado de balance, con especial atención a recursos rápidos como BESS y electrolizadores mediante la plataforma FLEXIA
UC-IT-03	Operación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la red del DSO	Análisis de la creación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la demanda, orientado a maximizar el autoconsumo dentro de CEDIS, reducir los vertidos o limitaciones de

		generación renovable y las congestiones de red asociadas, mediante la plataforma FLEXIA

3.2.1.1 UC- IT-01 – Agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos

Descripción del caso de uso – UC-IT-01

El UC-IT-01 constituye el caso de uso fundamental del piloto italiano. Su principal objetivo es implementar y validar una plataforma interoperable de agregación, la plataforma FLEXIA, desarrollada en el marco del proyecto italiano FLEXIA financiado por MASE, capaz de orquestar la programación y activación de servicios de flexibilidad procedentes de los diferentes activos industriales y DER situados dentro del área de distribución de CEDIS.

A diferencia de la formulación original del GA, que se apoyaba en un agregador comercial externo, Flexcity, y en su plataforma propietaria, el UC-IT-01 sitúa directamente a CEDIS en el papel de BSP y agregador, garantizando una plena adecuación a las condiciones de la red local, los requisitos de ciberseguridad y el marco regulatorio que rige la flexibilidad a nivel de DSO en Italia.

Este caso de uso tiene carácter transversal, ya que proporciona la infraestructura común de plataforma sobre la que se apoyan el UC-IT-02, relativo al mercado nacional de balance, y el UC-IT-03, relativo al mercado local de flexibilidad.

El resultado esperado es una plataforma validada, segura y fácil de utilizar, capaz de programar y activar la flexibilidad de manera coordinada y fiable, respetando al mismo tiempo las restricciones operativas de los distintos procesos industriales.

TABLA 10: PILOTO Nº1 – PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO UC-IT-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-IT-01 – Agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos
Descripción breve	Operar la plataforma FLEXIA para orquestar la programación y activación de flexibilidad entre activos industriales y DER dentro del área de CEDIS, con CEDIS actuando como BSP/agregador
Objetivo / finalidad	Implementar una plataforma interoperable e integral para orquestar la programación y activación de servicios de flexibilidad procedentes de diferentes activos industriales y DER dentro del área de CEDIS, garantizando su eficacia para el apoyo a la red y respetando al mismo tiempo los procesos principales de las industrias y sus necesidades de ciberseguridad
Nivel del sistema abordado	Plataforma de agregación

Resultado esperado	Plataforma validada, segura y fácil de utilizar para la programación y activación de flexibilidad agregada entre múltiples activos industriales y DER dentro del área de CEDIS.

Contexto industrial – UC-IT-01

El área de distribución de CEDIS alberga un conjunto de consumidores industriales con procesos y perfiles energéticos heterogéneos, lo que da lugar a una cartera complementaria de recursos de flexibilidad.

Los activos incluyen industrias con procesos de producción por lotes —por ejemplo, fabricación mecánica—, industrias de proceso continuo, instalaciones BESS, un electrolizador de hidrógeno e infraestructura de recarga inteligente para vehículos eléctricos y carretillas elevadoras.

La diversidad de activos, que combina procesos térmicos y productivos de respuesta lenta con sistemas de almacenamiento electroquímico de respuesta rápida, constituye una característica clave del piloto y uno de los principales elementos del ejercicio de agregación.

TABLA 11: PILOT #1 - UC- IT-01 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Clúster industrial mixto: fabricación discreta con procesos por lotes; industria de proceso continuo; almacenamiento de energía y producción de hidrógeno
Principales procesos industriales relevantes	Refrigeración / calefacción / líneas de producción / operación de BESS / operación del electrolizador / recarga inteligente de VE y carretillas elevadoras / hornos
Principales procesos flexibles consumidores de energía	Refrigeración / calefacción / líneas de producción / carga-descarga de BESS / modulación del electrolizador / recarga inteligente de VE y carretillas elevadoras / hornos
Escala de flexibilidad	Activo individual, que se agregará mediante la plataforma FLEXIA en el conjunto del área de CEDIS
Nivel de control	asado en EMS: el EMS de cada activo individual se conecta con la plataforma FLEXIA; los sistemas son instalados y configurados por los proveedores de EMS MAPS, Ecoenerg y Polytec

Contexto de mercado y del sistema – UC-IT-01

El UC-IT-01 opera en varias categorías de mecanismos, ya que la plataforma FLEXIA está diseñada para dar servicio a los distintos contextos de mercado abordados por el piloto italiano: contratos bilaterales internos entre CEDIS y los consumidores industriales, participación en el mercado

mayorista, mercados nacionales de balance y servicios auxiliares, y mercado local de flexibilidad dentro de la red de CEDIS.

La activación de la operación de la plataforma combina previsiones de flexibilidad, programación y señales de activación, reflejando así el ciclo operativo completo, desde la planificación en el mercado diario hasta el despacho en tiempo casi real.

El nivel de madurez es simulado, ya que la plataforma FLEXIA se encuentra en desarrollo dentro del proyecto FLEXIA financiado por MASE.

La propuesta de valor del UC-IT-01 se basa en la reducción de costes para CEDIS y los usuarios industriales mediante la maximización del autoconsumo, los pagos por servicios de red a cambio de apoyo a la misma y la remuneración obtenida en los mercados de balance y mayorista.

TABLA 12: PILOTO Nº1 – CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-IT-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Categoría del mecanismo	Interno (contratos bilaterales CEDIS–industrias) / Mayorista / Balance / Servicios auxiliares / Congestión (mercado local de flexibilidad en la red de CEDIS)
Mercado objetivo	DAM / Balance / Mercado Local de Flexibilidad (MLF)
Categoría del desencadenante	Previsión de flexibilidad / programación de flexibilidad / señal de activación de flexibilidad
Nivel de madurez	Simulado (plataforma en desarrollo dentro del proyecto FLEXIA de MASE; el piloto validará el rendimiento de la plataforma mediante simulación)
Principal generador de valor	Ahorro / ingresos / apoyo a la red / maximización del autoconsumo
Fuente de ingresos / beneficios	Reducción de costes para CEDIS y los usuarios industriales / remuneración de los mercados de balance y mayorista / pagos por servicios de red

Actores del caso de uso – UC-IT-01

Emplazamientos industriales (Innova, Polytec y Poncial): proporcionan cargas flexibles y DER a la plataforma FLEXIA. Cada emplazamiento comunica su flexibilidad disponible y sus restricciones operativas a través de su EMS local, que se comunica directamente con la plataforma.

CEDIS (DSO local y BSP/agregador): identifica las necesidades de la red y las oportunidades de mercado, opera la plataforma FLEXIA y programa y activa la flexibilidad de la cartera agregada. CEDIS sustituye el papel previsto originalmente para el agregador externo Flexcity, internalizando la agregación dentro del DSO y garantizando la coherencia con la gestión de la red local.

Maps Energy + FBK: responsables del desarrollo de la plataforma FLEXIA de acuerdo con los requisitos de las partes interesadas y las recomendaciones de ciberseguridad.

Ecoenerg / Polytec (proveedores de EMS): instalan y configuran los sistemas EMS en los distintos activos industriales, garantizando una comunicación directa y estandarizada entre los activos y la plataforma FLEXIA.

Operación del caso de uso – UC-IT-01

La operación del UC-IT-01 se estructura en torno a tres fases operativas: previsión y programación (mercado diario), optimización y precualificación, y activación en tiempo casi real.

La plataforma recibe continuamente datos procedentes de los EMS industriales, previsiones de generación y señales de mercado, y lleva a cabo una optimización multiobjetivo para generar programas de flexibilidad.

Al recibir una señal de activación —procedente de CEDIS como DSO o del TSO nacional—, la plataforma realiza una optimización multiobjetivo para identificar la estrategia de flexibilidad más adecuada, teniendo en cuenta las condiciones operativas de los activos disponibles.

A continuación, envía consignas de activación a los sistemas de gestión energética (EMS) de cada activo, que controlan los correspondientes activos físicos. Las acciones de flexibilidad resultantes pueden incluir desplazamiento o reducción de carga, reprogramación de procesos, carga o descarga de BESS y modulación del electrolizador, con el resultado esperado de planificar la flexibilidad con antelación y activarla con éxito cuando las condiciones de la red o del mercado así lo requieran.

TABLA 13: PILOTO Nº1 – OPERACIÓN DEL CASO UC-IT-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Señal de red (p. ej., evento de limitación de generación fotovoltaica) / previsión de generación y mercado / solicitud de servicios auxiliares desde la red nacional (Terna)
Datos de entrada / variables	Programas de producción de los emplazamientos industriales y datos de consumo en tiempo casi real; previsiones de generación y datos en tiempo casi real; previsiones de flujos de red y medidas en tiempo casi real; previsiones de precios del mercado diario y del mercado de balance
Lógica de decisión	La plataforma FLEXIA realiza una optimización multiobjetivo basada en los datos recibidos y envía consignas de activación a los EMS de cada activo, que controlan los activos físicos
Acción esperada	Desplazamiento de carga / reducción de carga / reprogramación de procesos / carga o descarga de BESS / modulación del electrolizador
Resultado esperado	Flexibilidad planificada con antelación y activada correctamente cuando sea necesaria

Sistemas, datos y restricciones

Sistemas implicados: plataforma FLEXIA de agregación y optimización (proyecto MASE); sistemas EMS locales de los distintos activos industriales (MAPS, Ecoenerg, Polytec); sistemas SCADA;

herramientas de previsión de generación y carga; interfaces con plataformas de mercado (GME para los mercados nacionales-MLF, Piclo o equivalente para el mercado local).

Información utilizada: datos de consumo en tiempo real y previsiones por activo; previsiones de generación fotovoltaica y de otras fuentes; medidas de los flujos de red en el límite del área de CEDIS; precios del mercado diario; señales del mercado de balance; restricciones operativas y programas de funcionamiento a nivel de activo.

Restricciones técnicas y operativas: límites de capacidad de cada activo; límites de temperatura de los procesos térmicos; límites de estado de carga y ciclado de los BESS; duración máxima de una nueva consigna; tiempo mínimo de respuesta de los recursos rápidos; requisitos de continuidad de los programas de producción; requisitos de confort para los procesos de calefacción y refrigeración; requisitos de ciberseguridad y privacidad de los datos en las comunicaciones con la plataforma.

Restricciones de mercado y regulatorias: condiciones de acceso al mercado de balance para CEDIS como BSP; acuerdos contractuales bilaterales entre CEDIS y los consumidores industriales; cumplimiento del RGPD y de NIS2 para el tratamiento de datos de la plataforma.

Escenario principal del caso de uso

Desencadenante: CEDIS detecta una próxima restricción de red o recibe una señal de mercado, por ejemplo, una previsión de sobreproducción fotovoltaica o precios elevados en el mercado mayorista.

Evaluación: la plataforma FLEXIA recopila datos en tiempo casi real y previsiones de todos los activos conectados y de la red, y evalúa la flexibilidad agregada disponible en el conjunto de la cartera.

Decisión: la plataforma realiza la optimización y genera un programa de flexibilidad, seleccionando los recursos en función de su disponibilidad, velocidad de respuesta y coste. CEDIS revisa y confirma el programa.

Activación: tras recibir una señal de activación —procedente del DSO CEDIS o de Terna—, la plataforma envía consignas a los EMS de cada activo. Los activos responden ajustando su carga o generación dentro de sus restricciones operativas.

Monitorización y resultado: la plataforma monitoriza la respuesta de flexibilidad de cada activo. Los resultados se registran y se utilizan para la liquidación, la elaboración de informes y la verificación de los KPI.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Operación en el mercado nacional de balance

Descripción del caso de uso – UC-IT-02

El UC-IT-02 se centra en la participación simulada de CEDIS, actuando como BSP, en el mercado nacional de balance y servicios auxiliares operado por el TSO a través del mercado de balance MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) y del mecanismo UVAM (Unità Virtuali Abilitate Miste), que agrupa instalaciones de producción y consumo eléctrico gestionadas conjuntamente por un agregador.

Partiendo de la infraestructura de agregación establecida en el UC-IT-01, este caso de uso prioriza los recursos con tiempos de respuesta más rápidos, en particular el BESS, el electrolizador y los cargadores inteligentes de vehículos eléctricos y carretillas elevadoras, capaces de proporcionar servicios de restauración de frecuencia —con tiempos de respuesta de 5–15 minutos— y, en el caso de cargas industriales más lentas, servicios de reserva de sustitución —con tiempos de respuesta de 30–60 minutos—.

Este caso de uso está diseñado explícitamente como una simulación, reflejando el contexto regulatorio actual en Italia: CEDIS, como pequeño DSO local, se enfrenta a requisitos mínimos de oferta y barreras de precualificación para participar directamente en el MSD.

La simulación permitirá cuantificar el valor potencial de la cartera agregada de CEDIS para apoyar el balance nacional y la coordinación TSO–DSO, así como proporcionar una base de evidencias validada para una futura participación en el ámbito regulatorio.

TABLA 14: PILOTO Nº1 – PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO UC-IT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-IT-02 – Operación en el mercado nacional de balance
Descripción breve	Simular la participación de CEDIS en el mercado nacional MSD/de balance operado por el TSO —potencialmente mediante mecanismos UVAM—, centrándose en recursos de respuesta rápida, como BESS, electrolizador y cargadores inteligentes, para servicios de restauración de frecuencia y reserva de sustitución
Objetivo / finalidad	Ofrecer al TSO, mediante los mecanismos de despacho MSD/UVAM y con CEDIS como BSP simulado, la flexibilidad agregada procedente de la plataforma FLEXIA, centrándose en los recursos capaces de proporcionar una respuesta más rápida para la restauración de frecuencia (5–15 min) y reserva de sustitución para los recursos más lentos (30–60 min)
Nivel del sistema abordado	Plataforma de agregación / operación de la red nacional / mercado de balance
Resultado esperado	Contribución potencial de flexibilidad validada del agregado de CEDIS a los servicios auxiliares nacionales, incluyendo escenarios de ingresos cuantificados e identificación de las barreras técnicas y regulatorias para una participación real

Contexto industrial – UC-IT-02

El UC-IT-02 se basa en el mismo conjunto de activos que el UC-IT-01, pero prioriza deliberadamente aquellos activos con perfiles de respuesta más rápidos y controlables.

El BESS y el electrolizador constituyen los principales recursos para los servicios de restauración de frecuencia, dada su capacidad para responder en un intervalo de segundos a minutos. También se

analizará el potencial de flexibilidad de los cargadores inteligentes de vehículos eléctricos y carretillas elevadoras.

Las cargas industriales con inercia térmica —calefacción y refrigeración— y las líneas de producción con capacidad de almacenamiento intermedio se consideran para servicios de reserva de sustitución de respuesta más lenta.

TABLA 15: PILOTO Nº1 – CONTEXTO INDUSTRIAL DEL CASO DE USAO UC-IT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Clúster industrial mixto: prioridad a activos de respuesta rápida, como BESS, electrolizador y cargadores inteligentes de VE/carretillas elevadoras; papel secundario de las cargas térmicas y de producción
Principales procesos industriales relevantes	Carga/descarga de BESS / modulación del electrolizador / recarga inteligente de VE y carretillas elevadoras / procesos de refrigeración y calefacción / líneas de producción
Principales procesos flexibles consumidores de energía	BESS / electrolizador / cargadores inteligentes (principales); refrigeración, calefacción y líneas de producción (secundarios)
Escala de flexibilidad	Activo individual, agregado mediante la plataforma FLEXIA para realizar una oferta conjunta al TSO
Nivel de control	Basado en EMS: los EMS de cada activo ejecutan en tiempo casi real las consignas recibidas desde la plataforma FLEXIA

Contexto de mercado y del sistema – UC-IT-02

El mecanismo de mercado relevante es el Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD) nacional italiano, incluido el esquema UVAM (Unità Virtuale Abilitata Mista), que permite que recursos distribuidos agregados participen como unidades virtuales en la prestación de servicios auxiliares solicitados por el TSO TERNA.

El caso de uso presenta un nivel de madurez simulado, orientado a validar el potencial de una futura participación, ya que CEDIS todavía no dispone de la condición de BSP. La propuesta de valor se basa en la obtención de ingresos para los participantes mediante pagos del TSO por servicios de red a cambio de la prestación de servicios de apoyo a la misma.

TABLA 16: PILOTO Nº1 – CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-IT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
Categoría del mecanismo	Balance / servicios auxiliares (a nivel del TSO nacional)

Mercado objetivo	MSD / UVAM (mercado nacional de balance, TSO)
Categoría del desencadenante	Solicitud de servicios auxiliares procedente de la red nacional (señal de activación del TSO)
Nivel de madurez	Simulado (CEDIS todavía no dispone de la condición de BSP; la simulación valida el potencial y proporciona información para una futura participación)
Principal generador de valor	Ingresos / apoyo a la red
Fuente de ingresos / beneficios	Pagos del TSO por servicios de red (remuneración simulada MSD/UVAM para CEDIS y los emplazamientos industriales participantes)

Actores del caso de uso – UC-IT-02

Emplazamientos industriales (Innova, Polytec y Poncial): proporcionan cargas flexibles y activos de respuesta rápida —BESS, electrolizador y cargadores inteligentes— a la plataforma FLEXIA para su utilización en el balance nacional.

CEDIS (BSP/agregador, simulado): opera la plataforma FLEXIA en modo BSP, agrega la cartera de flexibilidad, presenta ofertas al mercado nacional —de forma simulada— y gestiona las órdenes de activación.

Terna / GME: Terna, como TSO nacional, adquiere la flexibilidad ofertada para sus actividades de despacho a través de la plataforma de GME.

Operación del caso de uso – UC-IT-02

El UC-IT-02 se inicia tras la recepción de una solicitud de servicios auxiliares desde la red nacional, mediante una señal de activación del TSO.

La plataforma FLEXIA procesa la solicitud utilizando los programas de los emplazamientos industriales y sus datos operativos en tiempo casi real, las previsiones y medidas de generación, las previsiones de flujos de red y las previsiones del mercado de balance, así como los datos históricos de activación proporcionados por el TSO.

A partir de estas entradas, la plataforma optimiza los recursos de flexibilidad de respuesta rápida disponibles y determina la combinación de acciones más adecuada, enviando consignas de activación a los EMS individuales, mientras CEDIS confirma el despacho actuando como BSP simulado.

Las acciones de flexibilidad previstas incluyen la reducción de carga, carga o descarga del BESS, modulación del electrolizador y limitación de los cargadores inteligentes.

Como resultado, los recursos seleccionados se activan en respuesta a la solicitud del TSO, proporcionando la flexibilidad requerida al despacho simulado de la red nacional.

TABLA 17: PILOT #1 - UC-IT-02 USE CASE OPERATION

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Solicitud de servicios auxiliares desde la red nacional (señal de activación del TSO)
Datos de entrada / variables	Programas y datos en tiempo casi real de los emplazamientos industriales; previsiones y datos de generación en tiempo casi real; previsiones de flujos de red; previsiones del mercado de balance y datos históricos de activación del TSO
Lógica de decisión	La plataforma FLEXIA realiza una optimización entre los recursos de respuesta rápida disponibles y envía consignas de activación a los EMS individuales. CEDIS confirma el despacho como BSP simulado
Acción esperada	Reducción de carga / descarga o carga de BESS / modulación del electrolizador / limitación de cargadores inteligentes
Resultado esperado	Flexibilidad activada y proporcionada al despacho simulado de la red nacional

Sistemas, datos y restricciones – UC-IT-02

Sistemas implicados: plataforma FLEXIA; EMS de los activos individuales; sistemas SCADA; herramientas de previsión; interfaz de mercado de GME para la participación simulada en el MSD; datos históricos de despacho del TSO para reproducir las señales.

Información utilizada: datos en tiempo casi real del consumo y del estado de carga de los activos; previsiones de generación; previsiones de precios y volúmenes del mercado de balance; señales de despacho del TSO simuladas.

Restricciones técnicas y operativas: límites de ciclado y estado de carga del BESS; carga mínima estable y rampas de subida y bajada del electrolizador; requisitos de continuidad del proceso para las cargas industriales; límites de latencia para una respuesta rápida; umbral mínimo de oferta para participar en el MSD.

Restricciones de mercado y regulatorias: CEDIS no dispone actualmente de la precualificación como BSP ante el TSO, por lo que la participación es simulada. Los acuerdos contractuales bilaterales con los consumidores industriales regulan las obligaciones de flexibilidad y su remuneración.

Escenario principal del caso de uso – UC-IT-02

Desencadenante: la plataforma FLEXIA recibe una señal simulada de activación del TSO solicitando regulación al alza o a la baja de la unidad virtual de CEDIS.

Evaluación: la plataforma evalúa el estado en tiempo casi real de todos los activos de respuesta rápida —estado de carga del BESS, carga del electrolizador y disponibilidad de los cargadores inteligentes— y estima el volumen total de flexibilidad activable.

Decisión: el optimizador selecciona la combinación de activos más adecuada para satisfacer la solicitud dentro de las bandas de tolerancia, priorizando el BESS y el electrolizador para la respuesta rápida y las cargas más lentas para la reserva de sustitución.

Activación: la plataforma envía consignas a los EMS de cada activo. Los activos responden dentro del intervalo de tiempo requerido —5–15 minutos para los recursos rápidos y 30–60 minutos para las cargas más lentas—.

Monitorización y resultado: la plataforma registra la respuesta de activación y la compara con el volumen solicitado y las bandas de tolerancia. Los ingresos simulados del MSD se calculan de acuerdo con las reglas de mercado aplicables. Las desviaciones y los cumplimientos parciales se registran para su posterior análisis.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Operación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la red del DSO

Descripción del caso de uso – UC-IT-03

El UC-IT-03 se centra en la simulación de un mercado local de flexibilidad (LFM) dentro de la red de distribución de CEDIS, utilizando la plataforma FLEXIA como infraestructura operativa principal.

Este caso de uso está directamente alineado con la rápida evolución del contexto regulatorio italiano relativo a la flexibilidad a nivel de DSO, en particular con la Resolución ARERA 352/2021 y con los proyectos piloto activos de mercados locales de flexibilidad —EDGE, MiNDFlex y RomeFlex—, que están probando mecanismos basados en el mercado para la gestión de congestiones y la reducción de limitaciones a la generación renovable a nivel de distribución.

El contexto específico de CEDIS —una red de distribución pequeña y cerrada, con una presencia significativa de generación renovable fotovoltaica, una disponibilidad creciente de sistemas de almacenamiento y electrolizadores, y varios consumidores industriales— la convierte en un entorno de ensayo especialmente adecuado para el diseño de un mercado local de flexibilidad.

Los principales objetivos operativos son: maximizar el autoconsumo dentro de la red de CEDIS, reduciendo tanto las importaciones como las exportaciones en el punto de interconexión con la red nacional; resolver eventos de limitación de generación fotovoltaica derivados de restricciones de la red local; y optimizar las condiciones económicas de los intercambios de CEDIS en el mercado mayorista.

Los resultados esperados del UC-IT-03 incluyen la validación de la operación simulada de un mercado local de flexibilidad en el contexto de un pequeño DSO y la cuantificación de su impacto sobre el autoconsumo, la reducción de limitaciones de generación, el alivio de congestiones de red y la optimización de los costes en el mercado mayorista.

TABLA 18: PILOTO N°1 – PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO UC-IT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-IT-03 – Operación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la red del DSO

Descripción breve	Simular un mercado local de flexibilidad dentro de la red de CEDIS para maximizar el autoconsumo, resolver limitaciones de generación RES, aliviar las congestiones locales y optimizar los intercambios en el mercado mayorista mediante la plataforma FLEXIA
Objetivo / finalidad	Simular un mercado local de flexibilidad para la gestión de la demanda, orientado a maximizar el autoconsumo dentro de la red de CEDIS, resolver las limitaciones de generación renovable y las congestiones de red asociadas, y optimizar los intercambios en el mercado mayorista, con CEDIS actuando tanto como DSO como operador del mercado
Nivel del sistema abordado	Operación de la red de distribución / plataforma de agregación / mercado local
Resultado esperado	Simulación validada de la operación de un mercado local de flexibilidad en el contexto de un pequeño DSO; impacto cuantificado sobre el autoconsumo, la reducción de limitaciones de generación, el alivio de congestiones de red y la optimización de los costes del mercado mayorista

Contexto industrial – UC-IT-03

Participa el mismo conjunto de activos que en los UC-IT-01 y UC-IT-02, siendo relevantes para este caso de uso todos los tipos de activos.

La complementariedad entre la flexibilidad que permite aumentar la carga —absorbiendo excedentes de generación fotovoltaica y reduciendo las exportaciones— y la flexibilidad que permite reducir la carga —disminuyendo las importaciones cuando los precios mayoristas son elevados o cuando las restricciones locales así lo requieren— constituye una característica clave del diseño del mercado local.

TABLA 19: PILOT #1 - UC-IT-03 KEY USE CASE INDUSTRIAL CONTEXT

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Clúster industrial mixto: todos los activos dentro del área de CEDIS, incluidos fabricantes, BESS, electrolizador y cargadores inteligentes
Principales procesos industriales relevantes	Refrigeración / calefacción / líneas de producción / carga-descarga de BESS / electrolizador / recarga inteligente de VE y carretillas elevadoras / hornos
Principales procesos flexibles consumidores de energía	Todos los anteriores; son relevantes tanto la flexibilidad al alza —aumento de carga / carga del almacenamiento / aumento de potencia del electrolizador— como la flexibilidad a la baja —reducción de carga / descarga del almacenamiento—

Escala de flexibilidad	Activo individual, agregado mediante la plataforma FLEXIA para el despacho en el mercado local
Nivel de control	Basado en EMS: los EMS de los activos reciben consignas de la plataforma FLEXIA tras la activación por parte de CEDIS

Contexto de mercado y del sistema – UC-IT-03

El mercado local de flexibilidad simulado en el UC-IT-03 se estructura de acuerdo con el marco italiano de LFM que está surgiendo a partir de la Resolución ARERA 352/2021 y de los proyectos piloto activos.

CEDIS actúa simultáneamente como DSO, identificando las necesidades de la red, y como operador del mercado local, recibiendo ofertas de flexibilidad de los BSP industriales y activándolas por orden de mérito.

El diseño del mercado incluye programación anticipada —mercado diario— y activación en tiempo casi real, desencadenadas por señales de la red o por las condiciones del mercado mayorista.

El caso de uso también contempla la doble naturaleza de las necesidades de flexibilidad dentro de la red de CEDIS: la flexibilidad al alza —reducción de carga o descarga del almacenamiento— es necesaria durante periodos de precios mayoristas elevados o de restricciones a la importación desde la red, mientras que la flexibilidad a la baja —aumento de carga, carga del almacenamiento o incremento de potencia del electrolizador— es necesaria durante periodos de exceso de generación fotovoltaica local para evitar limitaciones de generación y las congestiones de red asociadas.

La propuesta de valor del UC-IT-03 se basa en la reducción de costes de CEDIS en el mercado mayorista de electricidad y en la maximización del autoconsumo, así como en los pagos por servicios de red mediante la remuneración simulada del LFM a cambio de servicios de apoyo a la red, generando los correspondientes ingresos y ahorros para los usuarios industriales.

TABLA 20: PILOTO Nº1 – CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-IT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
Categoría del mecanismo	Interno (contratos bilaterales CEDIS–industrias) / gestión de congestiones (mercado local de flexibilidad dentro de la red de CEDIS)
Mercado objetivo	Mercado Local de Flexibilidad (MLF, simulado) / DAM (para optimización del mercado mayorista)
Categoría del desencadenante	Señal de restricción de red (limitación de generación fotovoltaica, congestión local) / señal de precio del mercado mayorista (costes elevados de importación o excedente de exportación)
Nivel de madurez	Simulado (alineado con el marco regulatorio italiano emergente para LFM; CEDIS todavía no opera un LFM formal)

Principal generador de valor	Ahorro / ingresos / apoyo a la red / maximización del autoconsumo
Fuente de ingresos / beneficios	Reducción de costes de CEDIS en el mercado mayorista / pagos por servicios de red (remuneración simulada del LFM) / ingresos y ahorros para los usuarios industriales

Actores del caso de uso – UC-IT-03

Emplazamientos industriales (Innova, Polytec y Poncial): ofrecen servicios de flexibilidad —al alza y a la baja— a CEDIS a través de la plataforma FLEXIA, mediante contratos bilaterales y mediante su participación simulada en el LFM. Cada emplazamiento presenta ofertas de disponibilidad y activación en función de sus restricciones operativas y de su estructura de costes.

CEDIS (DSO y BSP): identifica las restricciones de la red y las necesidades del mercado, recibe ofertas de flexibilidad a través de la plataforma FLEXIA, selecciona los recursos por orden de mérito y activa la flexibilidad cuando resulta necesario. CEDIS se encuentra en una posición singular para actuar tanto como DSO como BSP debido a la estructura cerrada de su red y a su relación directa con los consumidores industriales conectados.

GME / Piclo (interfaces con plataformas de mercado): proporcionan la infraestructura del lado del mercado para la presentación de ofertas y la liquidación en el mercado local de flexibilidad simulado. En un futuro contexto de mercado real, GME podría gestionar las subastas del MLF —de acuerdo con el marco de ARERA 372/2023— o, alternativamente, Piclo Flex podría actuar como posible plataforma intermediaria.

Operación del caso de uso – UC-IT-03

El UC-IT-03 se inicia a partir de una solicitud de servicio de flexibilidad de CEDIS, desencadenada bien por una limitación de generación renovable, que requiere flexibilidad a la baja mediante un aumento de la carga, o bien por precios elevados de importación en el mercado mayorista o por congestión de la red local, que requieren flexibilidad al alza mediante una reducción de carga.

La plataforma FLEXIA combina los programas de los emplazamientos industriales y sus datos operativos en tiempo casi real con las previsiones y medidas de generación fotovoltaica y de otras fuentes, las previsiones de flujos de red y las medidas en tiempo casi real en el límite del área de CEDIS, así como las previsiones de precios del mercado diario.

A partir de estas entradas, la plataforma optimiza los recursos de flexibilidad disponibles de acuerdo con las condiciones de la red y del mercado y los selecciona por orden de mérito, en función del coste de activación de menor a mayor.

CEDIS confirma y desencadena posteriormente la activación, y FLEXIA envía las consignas correspondientes a los activos seleccionados.

Las acciones esperadas incluyen el desplazamiento de carga, el aumento de carga para absorber generación renovable que de otro modo tendría que limitarse, la reducción de carga para hacer

frente a congestiones o periodos de precios elevados, la carga o descarga de BESS y la reprogramación de procesos.

La flexibilidad resultante se proporciona a CEDIS para aumentar el autoconsumo dentro de su red, mitigar las limitaciones de generación renovable y las congestiones asociadas, y optimizar los intercambios con el mercado mayorista de electricidad.

TABLA 21: PILOTO Nº1 -INFORMACIÓN ESPECÍFICA PRINCIPAL DL CASO DE USO UC-IT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Solicitud de servicio de flexibilidad de CEDIS debida a: (a) limitación de generación RES —se requiere flexibilidad a la baja: aumento de carga—; o (b) precios elevados de importación en el mercado mayorista o congestión de la red local —se requiere flexibilidad al alza: reducción de carga—
Datos de entrada / variables	Programas y datos en tiempo casi real de los emplazamientos industriales; previsiones y datos en tiempo casi real de generación fotovoltaica y de otras fuentes; previsiones de flujos de red y medidas en tiempo casi real en el límite del área de CEDIS; previsión de precios del mercado diario.
Lógica de decisión	La plataforma FLEXIA realiza una optimización basada en las condiciones de la red y del mercado y selecciona los recursos por orden de mérito —coste de activación ascendente—. CEDIS confirma y desencadena la activación
Acción esperada	Desplazamiento de carga / aumento de carga —para absorber generación limitada— / reducción de carga —para hacer frente a congestiones o periodos de precios elevados— / carga o descarga de BESS / reprogramación de procesos
Resultado esperado	Flexibilidad activada y proporcionada a CEDIS para maximizar el autoconsumo dentro de su red, resolver las limitaciones de generación renovable y las congestiones de red asociadas, y optimizar los intercambios en el mercado mayorista

Sistemas, datos y restricciones

Sistemas implicados: plataforma FLEXIA; EMS de los activos individuales; sistema SCADA de CEDIS; herramientas de previsión de generación fotovoltaica, carga y precios de mercado; interfaz de mercado GME/Piclo —para la operación simulada del LFM—; interfaces con plataformas de mercado.

Información utilizada: datos de consumo en tiempo real y previsiones a nivel de activo; previsión de generación fotovoltaica y producción en tiempo casi real; medidas de flujos de red en el punto de interconexión de CEDIS; precios del mercado mayorista (DAM); ofertas de flexibilidad de los emplazamientos industriales —capacidad, precio y disponibilidad—.

Restricciones técnicas y operativas: límites de capacidad de cada activo; restricciones de estado de carga y ciclado de los BESS; carga mínima y rampas del electrolizador; límites de temperatura de proceso para las cargas térmicas; duración máxima de las consignas; requisitos de ciberseguridad para la activación remota.

Restricciones de mercado y regulatorias: acuerdos contractuales bilaterales entre CEDIS y los consumidores industriales —que definen las obligaciones de flexibilidad, la remuneración y las penalizaciones—; condiciones del mercado mayorista para CEDIS —el déficit y el excedente se valoran de forma diferente en el mercado italiano de GME—; ausencia de un mecanismo LFM formal para CEDIS, por lo que es necesaria la simulación.

Escenario principal del caso de uso

Desencadenante: CEDIS detecta un próximo evento de sobreproducción fotovoltaica —es probable que el exceso de generación local supere los límites de exportación de la red— o un periodo de precios mayoristas elevados —oportunidad de optimización del coste de importación—. La plataforma FLEXIA recibe la notificación e inicia el ciclo de programación.

Evaluación: la plataforma recopila datos en tiempo casi real y previsiones de todos los activos y del límite de la red, y evalúa la flexibilidad al alza o a la baja disponible en el conjunto de la cartera.

Decisión: la plataforma selecciona los recursos por orden de mérito, haciendo corresponder las ofertas de flexibilidad de los emplazamientos industriales con la necesidad específica de la red —dirección, volumen y momento de activación—. CEDIS confirma el plan de activación.

Activación: CEDIS emite una señal de activación. La plataforma FLEXIA envía consignas a los EMS de los activos individuales. Los activos responden aumentando o reduciendo su carga dentro de sus restricciones operativas.

Monitorización y resultado: la plataforma monitoriza la respuesta de flexibilidad de cada activo y verifica su cumplimiento respecto a la dirección y el volumen solicitados. Los resultados se registran para la liquidación conforme a los contratos bilaterales y para la elaboración de informes de KPI. Las desviaciones residuales dan lugar a la activación de medidas correctoras utilizando otros recursos disponibles.

3.2.2 Emplazamiento piloto n.º 2: piloto austriaco

Descripción general de los casos de uso del piloto

El piloto austriaco analiza cómo puede utilizarse de forma más eficaz la flexibilidad de dos emplazamientos industriales bajo diferentes condiciones del mercado energético y del sistema energético.

El piloto comprende Gsellmann Mischfuttererzeugung, una empresa de producción de piensos con procesos de molienda y producción intensivos en consumo eléctrico, y Fleischhof Raabtal, una empresa de procesado de carne cuya demanda eléctrica está fuertemente condicionada por las necesidades continuas de refrigeración y almacenamiento frigorífico.

En conjunto, el piloto austriaco aborda tres casos de uso que cubren aspectos complementarios de la flexibilidad industrial. El primer caso de uso —UC-AT-01— se centra en la respuesta flexible del consumo eléctrico industrial a precios dinámicos de la electricidad basados en los precios del mercado diario (Day-Ahead Market). Analiza cómo la flexibilidad identificada en los procesos industriales, junto con la generación fotovoltaica in situ y el almacenamiento disponible, podría utilizarse para desplazar el consumo eléctrico hacia periodos más favorables.

El segundo caso de uso —UC-AT-02— analiza el desarrollo de un posible futuro mercado de flexibilidad a nivel de distribución en Austria. Dado que actualmente no existe un mercado de este tipo, el caso de uso estudia cómo podría contribuir la flexibilidad industrial a aliviar las congestiones de la red de distribución y a mejorar la integración de la generación renovable dentro de un posible futuro mercado gestionado por el DSO.

El tercer caso de uso —UC-AT-03— amplía esta perspectiva analizando la posible coordinación de la flexibilidad industrial entre el potencial mecanismo futuro a nivel de DSO abordado en el UC-AT-02 y los mecanismos de flexibilidad existentes a nivel de TSO.

El enfoque difiere entre los tres casos de uso. El UC-AT-01 está vinculado al análisis de la flexibilidad industrial en respuesta a precios dinámicos del mercado diario. Los UC-AT-02 y UC-AT-03 son principalmente exploratorios y se basan en el análisis de información, ya que actualmente no existe en Austria un mercado de flexibilidad a nivel de DSO y tampoco se contempla la participación directa de los emplazamientos piloto individuales en los mercados de flexibilidad del TSO.

Por tanto, estos casos de uso combinan el análisis de las condiciones de mercado y regulatorias relevantes, el intercambio de conocimiento con los socios de LEONARDO, la definición y evaluación de escenarios representativos y la retroalimentación procedente del ecosistema del piloto austriaco. Los resultados esperados son conceptos evaluados y recomendaciones prácticas, más que activaciones reales en mercados de DSO o TSO.

TABLA 22: PILOTO Nº2: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS CASOS DE USO

ID del UC	Título del caso de uso	Enfoque principal
UC-AT-01	Análisis de diferentes estrategias de participación en el mercado energético en Austria	Analizar la respuesta flexible del consumo eléctrico industrial a precios dinámicos basados en los precios del mercado diario, considerando la flexibilidad disponible de los procesos, la generación fotovoltaica in situ y el almacenamiento
UC-AT-02	Diseño de un mercado de flexibilidad a nivel de distribución	Analizar cómo podría contribuir la flexibilidad industrial al alivio de congestiones dentro de un posible futuro mercado de flexibilidad a nivel de distribución en Austria
UC-AT-03	Coordinación multinivel de la flexibilidad	Evaluar cómo podría coordinarse potencialmente la flexibilidad industrial entre un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO y los mecanismos de flexibilidad existentes a nivel de TSO.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Análisis de diferentes estrategias de participación en el mercado energético en Austria

Descripción del caso de uso – UC-AT-01

El UC-AT-01 analiza cómo podría utilizarse de forma más económica la flexibilidad disponible en los dos emplazamientos industriales austriacos en respuesta a precios dinámicos de la electricidad basados en los precios del mercado diario (Day-Ahead Market). Se presta especial atención a la coordinación del consumo industrial flexible con las señales de precio del mercado diario, la generación fotovoltaica in situ y el almacenamiento disponible o los recursos que proporcionan una flexibilidad equivalente al almacenamiento.

En Gsellmann, la evaluación se centra en coordinar la molienda y otras cargas de producción desplazables con los precios de mercado, la disponibilidad de generación fotovoltaica y la futura operación del sistema de almacenamiento en baterías.

En Fleischhof Raabtal, el principal potencial reside en adaptar la operación de los sistemas de refrigeración dentro de los límites aplicables de temperatura, higiene y cadena de frío, por ejemplo mediante preenfriamiento durante periodos con precios favorables o elevada generación fotovoltaica.

El caso de uso no requiere la presentación automática de ofertas al mercado ni el control remoto directo de los equipos industriales. El resultado esperado es una comparación, basada en evidencias, de estrategias de operación viables y la formulación de las correspondientes recomendaciones para los emplazamientos industriales.

TABLA 23: PILOT #2 - UC-AT-01: KEY USE CASE GENERAL PARAMETERS

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-AT-01 – Análisis de diferentes estrategias de participación en el mercado energético en Austria
Descripción breve	Evaluar la flexibilidad del consumo eléctrico industrial en respuesta a precios dinámicos de la electricidad basados en los precios del mercado diario, teniendo en cuenta la flexibilidad disponible de los consumidores industriales
Objetivo / finalidad	Analizar cómo puede optimizarse la flexibilidad disponible de los emplazamientos industriales en respuesta a las señales de precio del mercado diario, prestando especial atención al aprovechamiento eficaz de la generación fotovoltaica in situ y del almacenamiento de energía disponible
Nivel del sistema abordado	Proceso industrial / mercado
Resultado esperado	Identificación de estrategias de operación adecuadas basadas en las características reales de flexibilidad de los procesos relevantes, incluida la cuantificación del potencial de reducción de costes eléctricos, el aumento del autoconsumo fotovoltaico y un aprovechamiento más eficaz del almacenamiento disponible y de la flexibilidad equivalente al almacenamiento

Contexto industrial – UC-AT-01

El caso de uso abarca dos sectores industriales relacionados con la alimentación que presentan características de flexibilidad diferentes.

Gsellmann opera una instalación de producción de piensos intensiva en consumo eléctrico. La molienda y la trituración representan cargas especialmente relevantes, mientras que puede existir flexibilidad adicional en los procesos asociados de producción y transporte de materiales. La lógica de gestión de carga existente ya prioriza o reduce temporalmente determinadas cargas para mantener el consumo dentro de la capacidad contratada de conexión a red. Dentro de los límites del proceso, los molinos pueden pasar entre estados de funcionamiento en carga, funcionamiento en vacío y desconexión. No obstante, la flexibilidad suele estar limitada a periodos relativamente cortos, ya que las órdenes de producción, la demanda de los clientes y la continuidad del proceso siguen siendo las principales prioridades operativas.

En Fleischhof Raabtal, la refrigeración y el almacenamiento frigorífico deben operar de forma continua para mantener la calidad del producto, la higiene y la seguridad alimentaria. Por tanto, la flexibilidad únicamente puede obtenerse dentro de los rangos de temperatura permitidos y aprovechando la inercia térmica de las áreas refrigeradas. Entre las posibles estrategias se incluye el preenfriamiento antes de periodos con precios elevados de electricidad o la reducción de la demanda de refrigeración durante periodos desfavorables de corta duración, siempre que se mantengan los límites de temperatura establecidos.

TABLA 24: PILOTO Nº2 – CONTEXTO INDUSTRIAL PRINCIPAL DEL CASO DE USO UC-AT-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Producción de piensos – Gsellmann Mischfuttererzeugung; procesado de carne con refrigeración continua – Fleischhof Raabtal
Principales procesos industriales relevantes	Gsellmann: recepción de grano, secado, molienda, mezclado, transporte y operación de silos. Fleischhof Raabtal: sacrificio y procesado de carne, almacenamiento frigorífico, refrigeración continua, ventilación y líneas de procesado
Principales procesos flexibles consumidores de energía	Gsellmann: molienda y trituración. Fleischhof Raabtal: compresores de refrigeración, preenfriamiento y almacenamiento frigorífico
Escala de flexibilidad	Activo individual / emplazamiento industrial
Nivel de control	Sistemas de control existentes a nivel de activo y de emplazamiento, apoyados por funciones de gestión energética y gestión de carga

Contexto de mercado y del sistema – UC-AT-01

El UC-AT-01 aborda la respuesta flexible del consumo eléctrico industrial a precios dinámicos basados en los precios del mercado diario. El principal desencadenante externo es la evolución de los precios de la electricidad para el día siguiente. Las previsiones de generación fotovoltaica, los programas de producción, las condiciones de los procesos y la disponibilidad de almacenamiento

determinan si pueden aprovecharse las oportunidades asociadas al precio identificadas y en qué medida.

El caso de uso evalúa cómo podrían desplazarse las cargas flexibles desde periodos con precios más elevados hacia periodos con precios más bajos o con una mayor disponibilidad de generación fotovoltaica in situ.

En Gsellmann, el sistema de almacenamiento en baterías añade una opción adicional para desplazar en el tiempo el consumo de electricidad una vez que entre en operación y estén disponibles los datos operativos necesarios.

En Fleischhof Raabtal, la refrigeración y el almacenamiento frigorífico pueden proporcionar una flexibilidad equivalente al almacenamiento mediante su inercia térmica, sujeta a los límites de temperatura definidos.

TABLA 25: PILOTO Nº2 – CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-AT-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Categoría del mecanismo	Mercado mayorista / optimización energética interna
Mercado objetivo	Mercado diario
Categoría del desencadenante	Precio / previsión / programación
Nivel de madurez	Existente / simulado
Principal generador de valor	Ahorro / aprendizaje
Fuente de ingresos / beneficios	Reducción de costes / aumento del autoconsumo fotovoltaico / mejor aprovechamiento de la flexibilidad de almacenamiento

Actores del caso de uso – UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: proporciona información sobre producción, consumo eléctrico, generación fotovoltaica, almacenamiento y procesos, y evalúa si los cambios de operación propuestos son compatibles con los requisitos de producción.

Fleischhof Raabtal: proporciona información sobre electricidad, refrigeración, temperatura, generación fotovoltaica y procesos, define los límites de la cadena de frío, higiene y producción, y evalúa la viabilidad operativa del preenfriamiento u otros ajustes de la operación de refrigeración.

EVON: proporciona los datos energéticos y de proceso necesarios procedentes de los emplazamientos piloto y garantiza que la información relevante esté disponible para el análisis. Dado que sus sistemas están instalados en los emplazamientos industriales, EVON también aporta conocimiento sobre las lógicas existentes de control y gestión de carga.

LEONARDO / iFAAP: analiza la flexibilidad industrial disponible y evalúa estrategias alternativas de operación teniendo en cuenta las señales de precio del mercado diario, la generación fotovoltaica,

las opciones de almacenamiento y las restricciones de los procesos. A partir de esta evaluación se generan opciones de optimización y recomendaciones.

EEE y los socios del ecosistema del piloto austriaco: coordinan el caso de uso, interpretan y analizan los resultados, recaban la opinión de los emplazamientos industriales y trasladan las conclusiones a recomendaciones prácticas.

Operación del caso de uso – UC-AT-01

El caso de uso tiene como objetivo evaluar cómo podría utilizarse la flexibilidad industrial disponible en respuesta a los precios de la electricidad del mercado diario. La información relevante sobre precios, energía y procesos servirá de base para comparar posibles estrategias de operación con la operación de referencia.

En la evaluación se tendrán en cuenta las restricciones técnicas y operativas. Se espera que los resultados permitan identificar opciones de optimización viables y sirvan de apoyo para desarrollar recomendaciones destinadas a los emplazamientos industriales. La retroalimentación de los propios emplazamientos se utilizará para seguir afinando estas recomendaciones.

TABLA 26: PILOTO Nº2 – OPERACIÓN DEL CASO DE USO UC-AT-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Señales de precio de la electricidad del mercado diario y variaciones relevantes de precio
Datos de entrada / variables	Demanda eléctrica histórica, generación fotovoltaica, información sobre almacenamiento, datos de proceso y restricciones técnicas y operativas definidas
Lógica de decisión	Evaluación de qué activos flexibles podrían responder a las señales de precio del mercado diario dentro de sus restricciones operativas definidas
Acción esperada	Identificación de posibles desplazamientos de carga y de los activos flexibles adecuados
Resultado esperado	Recomendaciones sobre cómo los activos flexibles identificados podrían reducir los costes eléctricos y mejorar el aprovechamiento de la generación fotovoltaica in situ y de la flexibilidad disponible

Sistemas, datos y restricciones – UC-AT-01

Sistemas implicados: interfaces de datos de EVON, componentes de LEONARDO/iFAAP y fuentes de datos del mercado diario.

Información utilizada: datos históricos y actualizados periódicamente de carga y procesos, información sobre generación fotovoltaica y almacenamiento, precios del mercado diario y límites de flexibilidad definidos.

Restricciones técnicas y operativas: programas de producción y prioridades de gestión de carga en Gsellmann; requisitos de temperatura, cadena de frío, higiene y procesado en Fleischhof Raabtal.

Restricciones de mercado y regulatorias: el beneficio económico depende de las condiciones de suministro eléctrico y de su vinculación con los precios del mercado diario.

Escenario principal del caso de uso – UC-AT-01

Desencadenante: los precios del mercado diario indican periodos comparativamente favorables o desfavorables para el día siguiente.

Evaluación: se utilizarán los datos de carga industrial, generación fotovoltaica, almacenamiento y procesos para evaluar qué activos flexibles podrían responder a las señales de precio dentro de sus restricciones técnicas y operativas.

Decisión: las posibles opciones de operación se comparan con la operación de referencia en términos de costes eléctricos, autoconsumo fotovoltaico, utilización del almacenamiento y viabilidad operativa.

Activación: las opciones viables se traducen en recomendaciones para los emplazamientos industriales.

Monitorización y resultado: se cuantifican los efectos potenciales sobre el consumo eléctrico, los costes y el autoconsumo fotovoltaico. La retroalimentación de los emplazamientos industriales sirve para perfeccionar las hipótesis y recomendaciones.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Diseño de un mercado de flexibilidad a nivel de distribución

Descripción del caso de uso – UC-AT-02

El UC-AT-02 analizará cómo podría contribuir la flexibilidad industrial al alivio de congestiones dentro de un futuro mercado de flexibilidad a nivel de distribución en Austria. Abordará los retos de la red de distribución derivados del aumento de los picos tanto de generación eléctrica descentralizada como de demanda de electricidad.

Una mejor coordinación del consumo industrial flexible con los periodos de elevada generación renovable podría ayudar a reducir tanto los picos de importación como los de exportación de la red y favorecer un uso más eficiente de la capacidad de red disponible.

Dado que actualmente no existe en Austria un mercado de flexibilidad de DSO establecido, el caso de uso considerará escenarios representativos futuros de mercado y de red. Estos escenarios se combinarán con la información sobre la flexibilidad disponible en los dos emplazamientos industriales para evaluar cómo podrían traducirse las posibles necesidades de la red en solicitudes de flexibilidad y cómo podrían estas asociarse a respuestas industriales adecuadas.

Un objetivo importante del caso de uso es sensibilizar a los emplazamientos industriales sobre la creciente relevancia de la flexibilidad relacionada con la red. Aunque actualmente su interés económico se centra principalmente en los precios de la electricidad, el caso de uso incorporará

desde una fase temprana al análisis los posibles requisitos futuros a nivel de DSO y los correspondientes mecanismos de mercado.

Esto permitirá fomentar que los emplazamientos industriales tengan en cuenta la flexibilidad relacionada con la red en sus futuras decisiones de gestión energética e inversión.

La evaluación se apoyará en conceptos de mercado relevantes, parámetros de escenarios y resultados analíticos desarrollados en LEONARDO. La retroalimentación procedente del ecosistema del piloto contribuirá a evaluar su aplicabilidad al contexto austriaco.

El resultado esperado es una propuesta de enfoque que describa cómo podría solicitarse y utilizarse la flexibilidad industrial en un futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO, junto con recomendaciones que faciliten la preparación temprana de los emplazamientos industriales.

TABLA 27: PILOTO Nº2 – PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO UC-AT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-AT-02 – Diseño de un mercado de flexibilidad a nivel de distribución
Descripción breve	Analizar el desarrollo de un nuevo diseño de mercado para la flexibilidad a nivel de distribución en el ecosistema austriaco, con el objetivo de aliviar la congestión de la red de distribución
Objetivo / finalidad	Evaluar cómo podría responder la flexibilidad industrial a necesidades futuras representativas a nivel de DSO y contribuir a la reducción de la congestión de la red de distribución
Nivel del sistema abordado	Proceso industrial / mercado del DSO
Resultado esperado	Propuesta y evaluación de un mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO que describa cómo podrían traducirse las necesidades de la red local en solicitudes de flexibilidad, asociarse a la flexibilidad industrial disponible y comunicarse a los emplazamientos industriales participantes.

Contexto industrial – UC-AT-02

Los recursos industriales considerados en el UC-AT-02 son los mismos procesos flexibles principales identificados para el UC-AT-01. Sin embargo, su finalidad potencial cambia: en lugar de responder a los precios de la electricidad, pasan a contribuir a una posible futura solicitud de flexibilidad de la red de distribución.

En Gsellmann, la reducción temporal o el desplazamiento de las cargas de molienda y de las cargas de producción asociadas podrían contribuir potencialmente a una solicitud local de flexibilidad. El sistema interno de gestión de carga existente proporciona una experiencia práctica relevante, ya que actualmente coordina los equipos para mantener la operación dentro de la capacidad contratada de conexión a red. No obstante, cualquier prestación externa de flexibilidad tendría que mantenerse subordinada a las obligaciones de producción y a los pedidos de los clientes.

En Fleischhof Raabtal, los sistemas de refrigeración y almacenamiento frigorífico pueden proporcionar un potencial limitado de desplazamiento temporal mediante el aprovechamiento de la inercia térmica y el preenfriamiento. Cualquier respuesta a una posible solicitud futura del mercado del DSO tendría que mantenerse dentro de los rangos de temperatura definidos y no podría poner en riesgo la cadena de frío. Por tanto, la duración y el volumen de flexibilidad disponible dependerían de las condiciones reales de operación y temperatura existentes en el momento de producirse la solicitud.

TABLA 28: PILOTO Nº2 – CONTEXTO INDUSTRIAL PRINCIPAL DEL CASO DE USO UC-AT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Producción de piensos – Gsellmann Mischfuttererzeugung; procesado de carne con refrigeración continua – Fleischhof Raabtal
Principales procesos industriales relevantes	Gsellmann: recepción de grano, secado, molienda, mezclado, transporte y operación de silos. Fleischhof Raabtal: sacrificio y procesado de carne, almacenamiento frigorífico, refrigeración continua, ventilación y líneas de procesado
Principales procesos flexibles consumidores de energía	Gsellmann: molienda y trituración, y otras cargas de producción desplazables cuando sea operativamente viable. Fleischhof Raabtal: compresores de refrigeración y preenfriamiento de cámaras de congelación, cámaras frigoríficas y zonas de trabajo con temperatura controlada
Escala de flexibilidad	Activo individual / emplazamiento
Nivel de control	Control a nivel de activo y emplazamiento, apoyado por los sistemas existentes de gestión energética y gestión de carga

Contexto de mercado y del sistema – UC-AT-02

El UC-AT-02 aborda la gestión de congestiones y la integración de energías renovables dentro de un posible futuro mercado de flexibilidad a nivel de distribución. Se utilizarán escenarios representativos para evaluar las posibles necesidades de flexibilidad a nivel de distribución y las posibles respuestas industriales.

El caso de uso analizará cómo podría contribuir la flexibilidad industrial a un futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de distribución y qué beneficios potenciales podrían derivarse de ello. Dado que actualmente no existe en Austria un mercado de este tipo, la evaluación será conceptual y se basará en escenarios.

TABLA 29: PILOTO Nº2 – CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-AT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso

Categoría del mecanismo	Gestión de congestiones
Mercado objetivo	Posible futuro mercado local de flexibilidad / mercado del DSO
Categoría del desencadenante	Red / solicitud
Nivel de madurez	Futuro / simulado
Principal generador de valor	Apoyo a la red / fiabilidad / aprendizaje
Fuente de ingresos / beneficios	Potenciales pagos futuros por servicios de red / alivio de congestiones / mejora de la integración de RES

Actores del caso de uso – UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: proporciona información sobre las cargas de producción flexibles, las prácticas de gestión de carga y las restricciones operativas.

Fleischhof Raabtal: proporciona información sobre la flexibilidad de los sistemas de refrigeración, las condiciones de temperatura y los requisitos de la cadena de frío.

EVON: proporciona datos energéticos y de proceso industriales, así como conocimiento de los sistemas de control existentes a nivel de emplazamiento.

EEE: coordina el caso de uso, facilita la retroalimentación procedente del ecosistema del piloto y comunica las recomendaciones a los emplazamientos industriales.

LEONARDO: aporta conocimiento relevante sobre el mercado y apoya el desarrollo y la evaluación de futuros escenarios de flexibilidad.

LEONARDO / iFAAP: apoya la evaluación de la flexibilidad industrial dentro de los escenarios definidos.

Posible futuro DSO u operador de mercado: representa al actor encargado de identificar las necesidades de la red y solicitar flexibilidad dentro de un futuro mercado del DSO.

Operación del caso de uso – UC-AT-02

El caso de uso utilizará escenarios representativos de flexibilidad a nivel de distribución para analizar cómo podrían participar los consumidores industriales en un posible futuro mercado del DSO. La flexibilidad industrial disponible se comparará con las necesidades de flexibilidad asumidas, apoyándose cuando corresponda en datos industriales y resultados analíticos.

Los resultados se debatirán con los emplazamientos industriales y con el ecosistema del piloto. Su retroalimentación permitirá perfeccionar los escenarios y desarrollar recomendaciones para el posible uso futuro de la flexibilidad industrial a nivel de DSO.

TABLA 30: PILOTO Nº2 – OPERACIÓN DEL CASO DE USO UC-AT-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Definición de una necesidad representativa de flexibilidad a nivel de distribución o de un reto de red
Datos de entrada / variables	Información relevante sobre mercado y escenarios, datos de carga y procesos industriales, información sobre generación fotovoltaica y almacenamiento y restricciones operativas
Lógica de decisión	Comparación de la flexibilidad industrial disponible con las necesidades representativas de flexibilidad y evaluación de su posible aplicabilidad
Acción esperada	Identificación de posibles respuestas de flexibilidad industrial y posibles mecanismos de comunicación
Resultado esperado	Evaluación basada en escenarios de la flexibilidad industrial disponible para su futuro uso a nivel de DSO, junto con recomendaciones sobre cómo podría solicitarse y utilizarse para reducir los picos de demanda e inyección y aliviar la congestión de la red de distribución

Sistemas, datos y restricciones

Sistemas implicados: sistemas de monitorización industrial, interfaces de datos de EVON, componentes de LEONARDO/iFAAP e información de escenarios definida en el proyecto.

Información utilizada: datos de carga y procesos industriales, flexibilidad disponible, información sobre generación fotovoltaica y almacenamiento, restricciones operativas y necesidades representativas de flexibilidad a nivel de DSO.

Restricciones técnicas y operativas: requisitos de producción y continuidad de los procesos en Gsellmann; requisitos de temperatura, higiene, seguridad alimentaria y cadena de frío en Fleischhof Raabtal.

Restricciones de mercado y regulatorias: en Austria todavía no se ha establecido un mercado de flexibilidad del DSO. Por tanto, la evaluación utilizará escenarios representativos, sin datos específicos del emplazamiento sobre restricciones de red ni solicitudes reales del DSO.

Escenario principal del caso de uso

Desencadenante: se identifica un reto relevante de la red a nivel de distribución y se traduce en una necesidad representativa de flexibilidad para un posible futuro mercado del DSO.

Evaluación: la flexibilidad disponible en los emplazamientos industriales se compara con los requisitos del escenario representativo. Se tienen en cuenta los datos de carga y procesos industriales, la información sobre generación fotovoltaica y almacenamiento y las restricciones operativas.

Decisión: se evalúan las posibles opciones de respuesta en función de su viabilidad técnica y operativa. Para cada escenario se identifican los activos industriales adecuados y las posibles acciones de flexibilidad.

Activación: la respuesta seleccionada se representa mediante una acción de flexibilidad basada en escenarios, mostrando cómo podría ajustarse potencialmente el consumo industrial en respuesta a una futura solicitud del DSO.

Monitorización y resultado: se evalúa la contribución potencial de la flexibilidad industrial a la necesidad de red considerada. Los resultados y la retroalimentación de los emplazamientos industriales se utilizan para perfeccionar el escenario y formular recomendaciones para un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Coordinación multinivel de la flexibilidad

Descripción del caso de uso – UC-AT-03

El UC-AT-03 evalúa cómo podría coordinarse la flexibilidad industrial entre un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO y los servicios de flexibilidad existentes a nivel de TSO. El caso de uso parte de la flexibilidad industrial identificada en el UC-AT-01 y del posible futuro mecanismo a nivel de DSO analizado en el UC-AT-02.

El caso de uso no presupone que las industrias vayan a participar directamente en los mercados de flexibilidad a nivel de TSO. La flexibilidad disponible en los emplazamientos industriales individuales puede ser demasiado reducida para una participación directa y, además, sería necesario cumplir requisitos adicionales relacionados con el acceso al mercado, la agregación, los aspectos técnicos y la precualificación. Del mismo modo, el mecanismo a nivel de DSO considerado en el UC-AT-02 no existe actualmente en Austria.

Por tanto, uno de los principales objetivos del UC-AT-03 es analizar bajo qué condiciones emplazamientos industriales como Gsellmann y Fleischhof Raabtal podrían participar potencialmente en servicios de flexibilidad a nivel de TSO y cómo podría organizarse dicha participación en la práctica. El caso de uso tendrá en cuenta los requisitos técnicos, operativos, de agregación y de acceso al mercado pertinentes, y los comparará con las características de la flexibilidad industrial disponible.

El UC-AT-03 es principalmente una evaluación conceptual. Comparará la flexibilidad industrial disponible con requisitos seleccionados a nivel de DSO y TSO y analizará cómo podrían estructurarse una posible participación o coordinación. La evaluación se basará en información relevante del mercado, intercambio de conocimiento y escenarios representativos. Los datos industriales y las herramientas analíticas podrán apoyar la evaluación, pero no constituyen por sí solos el flujo operativo completo del caso de uso.

El resultado esperado es una evaluación de la adecuación de la flexibilidad industrial disponible para mecanismos de flexibilidad a nivel de DSO y TSO, incluyendo opciones adecuadas de participación y coordinación y las condiciones que deberían cumplirse.

TABLA 31: PILOTO Nº2 - PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO - UC-AT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-AT-03 – Coordinación multinivel de la flexibilidad
Descripción breve	Cooptimizar la prestación de flexibilidad industrial tanto en el mecanismo de flexibilidad del DSO diseñado como en los mercados de flexibilidad del TSO
Objetivo / finalidad	Evaluar cómo podría coordinarse potencialmente la flexibilidad industrial entre un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO y los mecanismos de flexibilidad existentes a nivel de TSO
Nivel del sistema abordado	Proceso industrial / operación de red / mercado
Resultado esperado	Evaluación de la adecuación de la flexibilidad industrial disponible para mecanismos de flexibilidad a nivel de DSO y TSO, incluyendo opciones viables para su asignación coordinada entre ambos niveles

Contexto industrial – UC-AT-03

El UC-AT-03 considera conjuntamente las características de la flexibilidad disponible en los dos emplazamientos industriales. Los distintos recursos presentan diferentes características operativas y, por tanto, pueden resultar adecuados para distintos tipos de servicios de flexibilidad.

La flexibilidad basada en procesos depende de las condiciones actuales de producción y, por lo general, solo puede proporcionarse dentro de ventanas temporales limitadas. Su disponibilidad está condicionada por los programas de producción, la continuidad de los procesos, las condiciones de temperatura y otros requisitos operativos.

El almacenamiento en baterías puede ofrecer una respuesta más controlable, sujeta a su capacidad disponible, estado de carga y condiciones de operación.

La evaluación diferenciará los recursos disponibles en función de su potencia, tiempo de respuesta, duración, disponibilidad y capacidad de control. Las restricciones operativas de los procesos industriales seguirán siendo aplicables en todos los casos y determinarán cuánta flexibilidad podría ponerse potencialmente a disposición de mecanismos a nivel de DSO o TSO.

TABLA 32: PILOTO Nº2 -CONTEXTO INDUSTRIAL PRINCIPAL DEL CASO DE USO UC-AT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Producción de piensos – Gsellmann Mischfuttererzeugung; procesado de carne con refrigeración continua – Fleischhof Raabtal
Principales procesos industriales relevantes	Gsellmann: recepción de grano, secado, molienda, mezclado, transporte y operación de silos. Fleischhof Raabtal: sacrificio y procesado de carne, almacenamiento frigorífico, refrigeración continua, ventilación y líneas de procesado.

Principales procesos flexibles consumidores de energía	Gsellmann: molienda y trituración, y otras cargas de producción desplazables cuando sea operativamente viable. Fleischhof Raabtal: compresores de refrigeración y preenfriamiento de cámaras de congelación, cámaras frigoríficas y zonas de trabajo con temperatura controlada
Escala de flexibilidad	Activo individual / emplazamiento
Nivel de control	Sistemas de control existentes a nivel de activo y de emplazamiento, apoyados por funciones de gestión energética y gestión de carga

Contexto de mercado y del sistema – UC-AT-03

El UC-AT-03 considera conjuntamente un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de DSO y los servicios de flexibilidad existentes a nivel de TSO. Se utilizarán los requisitos técnicos y de participación relevantes del TSO para evaluar bajo qué condiciones la flexibilidad industrial disponible podría resultar adecuada para dichos servicios.

El caso de uso también tendrá en cuenta posibles solapamientos entre el uso de la flexibilidad a nivel de DSO y de TSO, ya que un mismo desplazamiento de carga o una misma capacidad de almacenamiento no pueden comprometerse simultáneamente para ambos niveles.

Se evaluarán posibles opciones de coordinación en función de la adecuación técnica, el momento de activación y las restricciones operativas. La evaluación seguirá siendo teórica y no presupone una participación real de los emplazamientos piloto en el mercado.

TABLA 33: PILOTO Nº2 -CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-AT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
Categoría del mecanismo	Servicios auxiliares / gestión de congestiones
Mercado objetivo	Balance / posible futuro mercado local de flexibilidad / DSO–TSO
Categoría del desencadenante	Red / solicitud
Nivel de madurez	Existente / futuro / simulado
Principal generador de valor	Apoyo a la red / ingresos / aprendizaje
Fuente de ingresos / beneficios	Mejor aprovechamiento de la flexibilidad disponible / posible remuneración por la prestación de flexibilidad

Actores del caso de uso – UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: proporciona información sobre los procesos de producción flexibles, el almacenamiento y las restricciones operativas relevantes.

Fleischhof Raabtal: proporciona información sobre la flexibilidad de los sistemas de refrigeración y sobre los requisitos relevantes de cadena de frío, higiene y producción.

EVON: proporciona información energética y de procesos industriales, así como conocimiento sobre las capacidades existentes de monitorización y control.

EEE: coordina el caso de uso, facilita el intercambio dentro del ecosistema del piloto austriaco y consolida las recomendaciones resultantes.

LEONARDO y los socios del ecosistema del piloto: aportan conocimiento sobre los mecanismos de flexibilidad a nivel de DSO y TSO, los esquemas de agregación y las condiciones relevantes de participación.

Posible agregador, ESCO o proveedor de servicios de balance: representa un posible intermediario para agregar la flexibilidad industrial y facilitar el acceso a servicios a nivel de TSO.

DSO y TSO: representan los actores del sistema y los requisitos considerados en la evaluación teórica de coordinación.

Operación del caso de uso – UC-AT-03

El caso de uso analizará los mecanismos de flexibilidad relevantes a nivel de TSO y sus condiciones de participación, junto con el posible futuro mecanismo a nivel de DSO considerado en el UC-AT-02.

Las características de la flexibilidad industrial disponible se compararán con las condiciones identificadas. La información de los emplazamientos piloto podrá apoyar la evaluación de si dicha flexibilidad podría resultar adecuada para su uso a nivel de DSO, a nivel de TSO o en ambos niveles.

Cuando existan posibles solapamientos entre usos, se analizarán posibles principios de asignación y coordinación, teniendo en cuenta la adecuación técnica, el momento de activación y la disponibilidad operativa. Los resultados se debatirán con los emplazamientos industriales y con el ecosistema del piloto y se traducirán en recomendaciones relativas a posibles formas de participación y coordinación.

TABLA 34: PILOTO Nº2 – OPERACIÓN DEL CASO DE USO UC-AT-03

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Identificación de un mecanismo de flexibilidad relevante a nivel de TSO para evaluar la posible participación de los emplazamientos industriales
Datos de entrada / variables	Características y restricciones operativas de la flexibilidad industrial disponible; condiciones relevantes de participación a nivel de TSO; momento de activación y disponibilidad
Lógica de decisión	La flexibilidad industrial disponible se comparará con las condiciones relevantes a nivel de TSO. A continuación, se evaluarán posibles opciones de participación y su coordinación con un posible uso a nivel de DSO

Acción esperada	Identificación y comparación de posibles opciones de participación y coordinación a nivel de TSO
Resultado esperado	Evaluación de la adecuación potencial de la flexibilidad industrial disponible para mecanismos a nivel de TSO, junto con recomendaciones para su posible coordinación con usos a nivel de DSO

Sistemas, datos y restricciones – UC-AT-03

Sistemas implicados: sistemas industriales de monitorización y control, EVON como nodo central de datos y fuentes de información relevantes sobre mecanismos de flexibilidad a nivel de TSO.

Información utilizada: datos industriales de carga, generación fotovoltaica y almacenamiento, flexibilidad disponible, restricciones operativas y condiciones relevantes de participación a nivel de TSO. Cuando resulte pertinente, también se tendrá en cuenta la posible coordinación con usos a nivel de DSO.

Restricciones técnicas y operativas: la disponibilidad de flexibilidad depende del estado operativo de los procesos industriales y de sus requisitos de producción y cadena de frío. Una misma flexibilidad no puede asignarse simultáneamente a mecanismos diferentes.

Restricciones de mercado y regulatorias: la participación en los mecanismos de flexibilidad existentes a nivel de TSO depende de las condiciones aplicables de acceso al mercado y agregación. Por tanto, la coordinación con un posible futuro uso a nivel de DSO se evaluará de forma conceptual.

Escenario principal del caso de uso – UC-AT-03

Desencadenante: se identifica un mecanismo de flexibilidad relevante a nivel de TSO para evaluar la posible participación de los emplazamientos industriales.

Evaluación: la flexibilidad industrial disponible y sus restricciones operativas se comparan con las condiciones de participación relevantes a nivel de TSO. Cuando proceda, se considera también la posible coordinación con usos a nivel de DSO.

Decisión: se identifican opciones de participación adecuadas y posibles solapamientos entre el uso de la flexibilidad a nivel de TSO y de DSO. Se evalúan posibles opciones de coordinación respetando las restricciones operativas de los emplazamientos industriales.

Activación: las opciones identificadas se representan mediante un escenario conceptual de participación y coordinación.

Monitorización y resultado: se evalúan la adecuación potencial y los beneficios de las opciones identificadas. La retroalimentación de los emplazamientos industriales y del ecosistema del piloto sirve de apoyo para formular recomendaciones sobre una posible participación futura y la coordinación multinivel de la flexibilidad.

3.2.3 Emplazamiento piloto n.º 3: piloto búlgaro-griego

Descripción general de los casos de uso del piloto

El emplazamiento piloto búlgaro-griego es un clúster industrial transnacional que abarca dos áreas de balance adyacentes e interconectadas: el área de balance de Sofía, operada por el TSO búlgaro ESO, y el área de Tesalónica, operada por el TSO griego IPTO.

Ambas áreas están conectadas mediante la interconexión transfronteriza de transporte Bulgaria–Grecia, que constituye el elemento físico que hace posible la dimensión transfronteriza del piloto. UPAT actúa como coordinador del piloto tanto en la parte búlgara como en la griega.

En la parte búlgara, el piloto se estructura como un clúster industrial liderado por STOMANA Industry y compuesto además por SofiaMed y ETEM Gestamp, reuniendo procesos intensivos en consumo eléctrico de los sectores del acero, cobre y aluminio.

STOMANA Industry, uno de los principales fabricantes de acero y cuya planta comprende cuatro áreas principales de producción —acería, laminador de chapa, tren de laminación y molino de bolas—, se encuentra entre los cinco mayores consumidores de electricidad de Bulgaria. STOMANA está conectada a muy alta tensión y opera instalaciones EMS de Schneider Electric. Participa directamente en los mercados búlgaros diario e intradiario de energía operados por IBEX, actuando como su propio Responsable de Balance (BRP) y, dentro del piloto, asume además el papel de agregador de flexibilidad del clúster industrial búlgaro que lidera.

SofiaMed aporta procesos de fundición, laminación y extrusión dentro de sus operaciones de transformación de cobre, apoyados por sistemas de monitorización energética a nivel de emplazamiento y proceso.

ETEM Gestamp aporta cargas asociadas a la extrusión de aluminio y a procesos posteriores, además de generación fotovoltaica in situ, y opera sobre infraestructura EMS de Schneider.

En la parte griega, el piloto incluye el Complejo Industrial de Tesalónica de HELLENiQ ENERGY, una refinería de tipo hydro-skimming que desarrolla un proceso continuo de refino que comienza con la destilación de crudo y continúa con procesos secundarios e hidrotratamiento, junto con la producción petroquímica asociada.

El complejo está conectado a la red de transporte de IPTO, opera sistemas EMS Powernet y Protasis Zenon y dispone de una amplia infraestructura de telemetría. Participa en los mercados griegos diario e intradiario de energía operados por HEnEx a través de un agregador, en lugar de hacerlo directamente.

El Acuerdo de Subvención (GA) define dos casos de uso para el piloto búlgaro-griego: un caso de uso de agrupación dentro de una misma frontera, limitado a la parte búlgara (GA-UC#1), y un caso de uso de agrupación transfronteriza de flexibilidad industrial que abarca ambas áreas de balance (GA-UC#2). A diferencia del piloto italiano, el consorcio búlgaro-griego ha mantenido la estructura original de dos casos de uso sin reestructuración, ya que ambos corresponden a dos ámbitos de sistema distintos y complementarios, y el segundo se basa directamente en el primero.

No obstante, el trabajo de modelado realizado en la T2.3 ha permitido concretar mejor el alcance de mercado de ambos casos de uso, teniendo en cuenta las funciones de mercado que desempeñan realmente las industrias participantes y la información obtenida mediante el estudio del piloto.

La correspondencia con los casos de uso originales del GA es la siguiente:

- UC-BGGR-01 – Agregación de la flexibilidad industrial búlgara dentro de la frontera nacional: cubre la dimensión de agrupación dentro de la frontera nacional de GA-UC#1. El GA contemplaba la participación en el mercado mayorista de energía y en el mercado de reservas búlgaros, con STOMANA actuando tanto como BRP como BSP. El caso de uso modelado mantiene la participación en el mercado diario búlgaro, pero limita la dimensión de balance al mercado de energía de balance, con STOMANA actuando como BRP. En esta fase no se aborda la participación como BSP en el mercado de capacidad de reserva, ya que requeriría una precualificación del clúster agregado que actualmente no existe. Se trata de una delimitación deliberada hacia aquello que puede modelarse y evaluarse de forma creíble con la base de evidencias disponible, y no de una reducción de la ambición global del piloto.
- UC-BGGR-02 – Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial BG/GR: cubre GA-UC#2. El GA describe un escenario en el que la flexibilidad del clúster búlgaro participa implícitamente —es decir, sin una plataforma central— en el mercado griego de balance operado por IPTO a través del agregador de flexibilidad certificado PPC, aprovechando el margen disponible en las líneas de interconexión, dado que la casación del mercado griego de reservas se realiza después de la casación del mercado diario. El caso de uso modelado mantiene este escenario y lo amplía hacia una evaluación comparativa: las ofertas se optimizan para los mercados diario y de energía de balance a ambos lados de la frontera, de forma que puedan cuantificarse, en lugar de asumirse, tanto el potencial de arbitraje entre mercados como el valor del margen de interconexión disponible.

En ambos casos de uso, la plataforma iFAAP actúa como infraestructura tecnológica común, situada por encima de la capa de EMS industriales de los dos emplazamientos piloto.

Ambos casos se apoyan también en la misma metodología de caracterización de la flexibilidad, en la que cada proceso industrial se asigna a un arquetipo, clase y subtipo de flexibilidad, y la envolvente operativa resultante se utiliza como conjunto de restricciones para la optimización.

Asimismo, ambos dependen de los mecanismos proactivos de previsión de demanda y flexibilidad desarrollados en la T4.1 y de las previsiones de precios del mercado energético y de utilización de la flexibilidad desarrolladas en la T4.2, ambas lideradas por UPAT.

El nivel de madurez de ambos casos de uso se clasifica como Futuro: ni el agregado nacional ni el transfronterizo operan actualmente como una entidad agregada de presentación de ofertas, por lo que el piloto los evaluará mediante modelado y simulación basados en datos medidos de las plantas.

TABLA 35: PILOTO N°3 – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CASO DE USO

ID del UC	**Título del caso de uso**	**Enfoque principal**

UC-BGGR-01	Agregación de la flexibilidad industrial búlgara dentro de la frontera nacional	Agregar la flexibilidad del clúster de STOMANA dentro del área de balance de Sofía y desarrollar, mediante iFAAP, un enfoque estratégico de presentación de ofertas para los mercados búlgaros diario y de energía de balance, con STOMANA actuando como agregador del clúster y BRP
UC-BGGR-02	Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial BG/GR	Evaluar la viabilidad y el valor de agregar el clúster de STOMANA junto con HELLENiQ ENERGY entre las áreas de balance de ESO e IPTO, aprovechando el margen disponible de la interconexión BG–GR y cuantificando el potencial de arbitraje entre mercados

3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Agregación de la flexibilidad industrial búlgara dentro de la frontera nacional

Descripción del caso de uso – UC-BGGR-01

El UC-BGGR-01 constituye el caso de uso fundamental del piloto búlgaro-griego. Su objetivo es agregar la flexibilidad industrial disponible dentro del clúster búlgaro nacional liderado por STOMANA Industry y optimizar su utilización mediante la plataforma iFAAP, con el fin de desarrollar un enfoque estratégico de presentación de ofertas para los mercados mayoristas de energía y de energía de balance búlgaros.

El caso de uso se desarrolla íntegramente dentro del área de balance de Sofía y, por tanto, implica un único TSO, un único entorno de mercado y un único conjunto de reglas nacionales de mercado. Esto lo convierte en el más sencillo de los dos casos de uso y en la base natural sobre la que se construye el caso de uso transfronterizo UC-BGGR-02.

La cuestión técnica central que se aborda es hasta qué punto pueden desplazarse o reducirse la duración y el momento de operación de los procesos productivos intensivos en energía, buscando un equilibrio entre la rapidez de respuesta y la necesidad de garantizar la calidad del producto y la seguridad de la planta.

El resultado esperado es una evaluación respaldada por evidencias de qué procesos son realmente flexibles y en qué medida, junto con un enfoque validado de agregación y presentación de ofertas que respete las restricciones de dichos procesos.

TABLA 36: PILOTO Nº3 – PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO UC-BGGR-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-BGGR-01 – Agregación de la flexibilidad industrial búlgara dentro de la frontera nacional

Descripción breve	Agregar las cargas y activos industriales del clúster de STOMANA para participar en los mercados búlgaros mayoristas de energía y de balance
Objetivo / finalidad	Optimizar mediante iFAAP la flexibilidad industrial búlgara agregada y desarrollar un enfoque estratégico de presentación de ofertas para los mercados búlgaros mayorista y de balance; en este último únicamente se considerará la participación en el mercado de energía de balance como BRP
Nivel del sistema abordado	Procesos industriales / EMS del emplazamiento / plataforma de agregación / sistema de transporte búlgaro / mercados mayoristas y de reservas
Resultado esperado	Evaluación respaldada por evidencias de los procesos flexibles y enfoque validado de agregación/presentación de ofertas que respete las restricciones de calidad de producción y seguridad

Contexto industrial – UC-BGGR-01

El caso de uso se implementa en tres entornos industriales intensivos en consumo eléctrico.

El potencial de flexibilidad del clúster está dominado por la acería de STOMANA, donde la chatarra metálica se transforma en acero fundido mediante dos hornos de arco eléctrico —EAF 1 de 120 MVA y EAF 3 de 75 MVA—, dos hornos cuchara —LF 1 y LF 2, de 18 MVA cada uno—, las máquinas de colada continua —aproximadamente 5 MVA— y un desgasificador al vacío —aproximadamente 1 MW—.

El laminador de chapa, el tren de laminación y el molino de bolas completan la cadena de procesos de STOMANA. Estos procesos se consideran flexibles porque son de tipo discontinuo o por lotes: cada colada demanda una potencia elevada y prácticamente fija durante un periodo determinado y, en principio, puede adelantarse o retrasarse dentro del plan de producción sin modificar la energía total requerida.

SofiaMed aporta tres grupos de procesos de transformación de cobre intensivos en consumo eléctrico: fundición —7 MW de carga pico, ~34 GWh/año—, laminación —~9 MW, ~42 GWh/año— y extrusión —~2 MW, ~10 GWh/año—. Los tres están identificados como procesos reprogramables y, por tanto, su flexibilidad reside en la posibilidad de ajustar el momento de operación, siempre respetando los requisitos de producción.

ETEM Gestamp aporta extrusión de aluminio —~3,39 MW, 15,57 GWh/año—, procesado secundario —1 MW, 4,5 GWh/año— y un grupo adicional de procesos industriales —0,8 MW, 0,6 GWh/año—, todos ellos clasificados como procesos reprogramables de potencia fija y monitorizados con una resolución de 15 minutos.

Se espera que su flexibilidad proceda principalmente del desplazamiento temporal o de la interrupción de su operación dentro de los límites permitidos por el programa de producción, más que de la variación de su potencia de funcionamiento.

En conjunto, se configura una cartera heterogénea de recursos de flexibilidad industrial, que abarca desde grandes cargas de producción de acero por lotes hasta procesos de transformación y extrusión de metales de menor escala.

Como se indicó en la Sección 2.2.3, el estudio identifica cuatro activos o grupos de procesos flexibles en STOMANA, todos clasificados dentro del arquetipo Proceso reprogramable (Clase A), con el subtipo Proceso interrumpible de potencia fija:

- Fusión de chatarra (hornos de arco eléctrico): 195 MVA instalados, 205,08 GWh/año, carga pico no coincidente de 107 MW, con el pico durante el día.
- Metalurgia secundaria (hornos cuchara): 36 MVA instalados, 26,53 GWh/año, carga pico de 34,8 MW, con el pico durante el día.
- Resto de la acería (colada): 13 MVA instalados, de los cuales aproximadamente 5 MVA corresponden al proceso de colada, 22,59 GWh/año, carga pico de 11,3 MW, con el pico durante el día. De la carga total del resto de la acería, únicamente el proceso de colada se considera capaz de proporcionar flexibilidad.
- Unidades de filtrado: 17 MVA instalados, 18,4 GWh/año, carga pico de 14,4 MW, con el pico durante la noche.

Las potencias de los motores de las distintas unidades de la acería están confirmadas, pero la capacidad flexible, el momento en que puede ofrecerse y su disponibilidad siguen dependiendo de la validación de los límites de proceso y se están determinando dentro del piloto.

La restricción dominante en todos los activos viene dada por los límites de proceso propios de la producción de acero, en combinación con el programa de producción y con los requisitos de calidad, seguridad y mantenimiento. La flexibilidad se controla a nivel del EMS industrial, con coordinación a nivel de clúster; los detalles relativos a la automatización y a la autoridad de control todavía requieren validación por parte de los socios.

En SofiaMed, el estudio identifica tres grandes grupos de procesos intensivos en electricidad como cargas reprogramables:

- Fundición: 33,88 GWh/año, carga pico de 7,01 MW, durante el día.
- Laminación: 41,83 GWh/año, carga pico de 8,77 MW, durante el día.
- Extrusión: 9,74 GWh/año, carga pico de 1,76 MW, durante el día.

La contribución de SofiaMed se concentra, por tanto, en tres etapas sucesivas de transformación del cobre con distintas escalas eléctricas, siendo la laminación la que representa la mayor parte de la demanda eléctrica declarada, seguida de la fundición y la extrusión. Su clasificación como procesos reprogramables indica que se espera que la flexibilidad proceda principalmente del ajuste del momento y de la secuencia de las actividades de producción.

En ETEM Gestamp, el estudio identifica tres grupos de procesos dentro del arquetipo Proceso reprogramable (Clase A), con el subtipo Proceso interrumpible de potencia fija:

- Extrusión de aluminio: 15,57 GWh/año, carga pico observada de 3,39 MW.
- Procesado secundario: 4,47 GWh/año, carga pico observada de 1,01 MW.

- Grupo adicional de procesos industriales: 0,56 GWh/año, carga pico observada de 0,82 MW.

En este caso, el perfil de flexibilidad se centra en las cargas de extrusión de aluminio y de procesado posterior, cuya demanda varía de forma significativa en función del programa de producción. Las medidas proporcionadas muestran periodos de carga reducida de los procesos, lo que indica que la disponibilidad de los activos está estrechamente ligada al estado operativo de las líneas de producción.

A diferencia de SofiaMed, ETEM también dispone de 4 MW de generación fotovoltaica in situ, lo que introduce una dimensión adicional de coordinación entre la demanda de producción y la generación renovable local.

TABLA 37: PILOTO Nº3 – CONTEXTO INDUSTRIAL PRINCIPAL DEL CASO DE USO UC-BGGR-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Fabricación de acero mediante horno de arco eléctrico, transformación de cobre y transformación de aluminio
Principales procesos industriales relevantes	Acería de STOMANA (unidades declaradas: EAF 1 de 120 MVA, EAF 3 de 75 MVA, LF 1 de 18 MVA, LF 2 de 18 MVA, máquinas de colada de 5 MW y VD de ~1 MW), laminador de chapa, tren de laminación y molino de bolas. Procesos de SofiaMed: fundición ~7 MW, laminación ~9 MW y extrusión ~2 MW. ETEM: extrusión de aluminio ~3 MW y otros procesos ~2 MW
Principales procesos flexibles consumidores de energía	Entre las posibles fuentes de flexibilidad se incluyen los EAF/LF, la colada, el VD y las unidades de filtrado declaradas por STOMANA; los procesos de fundición, laminación y extrusión de SofiaMed; y las cargas de extrusión de aluminio y procesado secundario de ETEM Gestamp. Los respectivos estudios identifican estos procesos como reprogramables/interrumpibles, mientras que la capacidad flexible real, el momento de activación y la duración siguen sujetos a validación a nivel de proceso
Escala de flexibilidad	Clúster industrial multi-emplazamiento, agregado bajo STOMANA dentro del área de balance de Sofía
Nivel de control	EMS industrial con agregación coordinada; los detalles sobre automatización y autoridad de control requieren validación por parte de los socios

Contexto de mercado y del sistema – UC-BGGR-01

El UC-BGGR-01 aborda dos categorías de mecanismos dentro del entorno de mercado búlgaro: energía mayorista, a través del mercado diario operado por IBEX, y energía de balance, a través del mercado operado por ESO, con STOMANA actuando como su propio Responsable de Balance (BRP).

La potencia de STOMANA justifica este papel y el emplazamiento ya participa directamente en los mercados búlgaros diario e intradiario. Por tanto, el caso de uso parte de una posición de mercado

ya existente en lugar de crear una nueva. La novedad reside en la agregación de la flexibilidad del clúster bajo esa posición y en la optimización sistemática de las ofertas resultantes.

En esta fase no se aborda la participación como BSP en el mercado de capacidad de reserva.

El caso de uso se activa a partir de señales de mercado y previsiones de precios, y no por una restricción de red. Por ello, su propuesta de valor es fundamentalmente económica: reducir el coste combinado de la energía y la energía de balance del clúster agregado, manteniendo al mismo tiempo la calidad de la producción y la seguridad, y generando además conocimiento sobre la envolvente de flexibilidad realista de la industria pesada de transformación de metales.

El nivel de madurez se clasifica como Futuro, ya que el clúster todavía no ha operado como una entidad agregada de presentación de ofertas.

TABLA 38: PILOTO Nº3 – CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-BGGR-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Categoría del mecanismo	Energía mayorista (mercado diario) / mercado de energía de balance (como BRP)
Mercado objetivo	Mercado diario búlgaro operado por IBEX / mercado búlgaro de energía de balance operado por ESO
Categoría del desencadenante	Señal de mercado / previsión / solicitud del agregador
Nivel de madurez	Futuro (el clúster todavía no opera como entidad agregada de presentación de ofertas; el caso de uso se evalúa mediante modelado y simulación sobre los datos recibidos de las plantas)
Principal generador de valor	Ingresos / optimización de costes / participación en el mercado / aprendizaje
Fuente de ingresos / beneficios	Reducción del coste eléctrico total —energía y balance— del clúster industrial, obtenida mediante el desplazamiento de la demanda hacia periodos de menor precio y la mejora de la posición de balance del clúster

Actores del caso de uso – UC-BGGR-01

STOMANA: emplazamiento industrial y agregador del clúster búlgaro. Aporta los procesos de la acería y los laminadores que constituyen la flexibilidad disponible, actúa como entidad agregadora del clúster dentro de la frontera nacional y desempeña el papel de BRP mediante el cual se expresa la posición agregada en los mercados búlgaros.

ESO: TSO búlgaro y operador del área de balance de Sofía. Define el marco del mercado de balance y las reglas aplicables a los BRP dentro de las cuales opera el clúster agregado.

iFAAP y proveedores tecnológicos: realizan la previsión, agregación y optimización de la flexibilidad del clúster. Dentro de la plataforma, la responsabilidad se divide entre los componentes de previsión de demanda y precios, desarrollados por UPAT en las T4.1 y T4.2, que generan las previsiones de

demanda y precios de mercado para el día siguiente, y el componente de agregación de flexibilidad de la demanda, desarrollado por CARTIF, que caracteriza la flexibilidad disponible mediante arquetipos y obtiene las ofertas óptimas para el mercado diario y el mercado de energía de balance.

EMS industriales: proporcionan los datos y la integración de control a nivel industrial, poniendo a disposición de iFAAP el consumo medido y el estado de los procesos, y transmitiendo posteriormente a la planta los programas resultantes.

Operación del caso de uso – UC-BGGR-01

El UC-BGGR-01 se inicia cuando están disponibles las previsiones de precios del mercado diario búlgaro y del mercado de energía de balance para el siguiente día de entrega, generadas por los componentes de previsión de demanda y precios de iFAAP desarrollados por UPAT.

Estas previsiones se combinan con las previsiones de demanda de la planta y de los procesos, con una caracterización de la flexibilidad disponible expresada mediante el marco de arquetipos y con las restricciones operativas comunicadas por el clúster para el día siguiente, incluidas las operaciones de mantenimiento y las paradas planificadas.

A partir de esta información, el componente de agregación de flexibilidad de la demanda de iFAAP, desarrollado por CARTIF, junto con el agregador del clúster, determina la estrategia óptima de presentación de ofertas: primero define las ofertas del mercado diario para el clúster búlgaro agregado y, posteriormente, obtiene las ofertas para el mercado de energía de balance, teniendo en cuenta la posición ya adoptada en el mercado diario.

La acción esperada es, por tanto, la formulación y presentación de un conjunto coherente de ofertas agregadas en ambos horizontes de mercado, y el resultado esperado es que dichas ofertas sean presentadas y, cuando sean aceptadas, ejecutadas sin comprometer la calidad de la producción ni la seguridad.

TABLA 39: PILOTO Nº3 – OPERACIÓN DEL CASO DE USO UC-BGGR-01

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Previsión de los precios del mercado diario búlgaro y del mercado de energía de balance
Datos de entrada / variables	Previsiones de demanda de la planta y de los procesos; caracterización de la flexibilidad mediante arquetipos; previsiones de precios de mercado; restricciones operativas para el día siguiente de los arquetipos relevantes, incluido el mantenimiento y las paradas planificadas
Lógica de decisión	iFAAP / agregador del clúster, con previsión de demanda y precios proporcionada por UPAT y agregación de flexibilidad de la demanda desarrollada por CARTIF. La plataforma optimiza la flexibilidad agregada frente a los precios previstos, sujeta a las envolventes operativas de los arquetipos, y el agregador del clúster confirma la estrategia de ofertas resultante en su función de BRP

Acción esperada	Definir ofertas para el mercado diario y el mercado de energía de balance del clúster búlgaro agregado
Resultado esperado	Presentación de ofertas agregadas manteniendo la calidad de la producción y la seguridad.

Sistemas, datos y restricciones – UC-BGGR-01

Sistemas implicados: instalaciones EMS de Schneider Electric en STOMANA y ETEM Gestamp y el EMS declarado por SofiaMed; sistemas industriales de monitorización y control; plataforma iFAAP de agregación y optimización; e interfaces con las plataformas de mercado búlgaras —IBEX para el mercado diario y ESO para la energía de balance—.

Información utilizada: previsiones de demanda de planta y procesos; caracterización de la flexibilidad mediante arquetipos; previsiones de precios de los mercados búlgaros diario y de energía de balance; consumo medido con resolución de 15 minutos junto con las correspondientes series históricas.

Restricciones técnicas y operativas: restricciones operativas de los arquetipos relevantes, en particular el carácter interrumpible y de potencia fija de los procesos de la acería; límites de proceso; programa de producción; requisitos de calidad del producto, seguridad de la planta y mantenimiento. De la carga correspondiente al resto de la acería, únicamente se considera flexible el proceso de colada. Actualmente, los datos se obtienen mediante exportación manual, lo que limita el grado de automatización alcanzable hasta que se establezca una interfaz automatizada.

Restricciones de mercado y regulatorias: reglas del mercado búlgaro aplicables a los BRP. La participación como BSP en el mercado de capacidad de reserva queda fuera del alcance del caso de uso modelado.

Escenario principal del caso de uso – UC-BGGR-01

Desencadenante: para el siguiente día de entrega, pasan a estar disponibles las restricciones operativas de los arquetipos relevantes, incluidas las operaciones de mantenimiento y las paradas planificadas —paso 1—; a continuación, los componentes de previsión de demanda y precios de iFAAP, desarrollados por UPAT, generan las previsiones de demanda y de precios de energía y balance para el mercado búlgaro —paso 2—.

Evaluación: el componente de agregación de flexibilidad de la demanda de iFAAP, desarrollado por CARTIF, caracteriza la flexibilidad que puede aportar cada proceso participante dentro de la envolvente operativa de su arquetipo, teniendo en cuenta el programa de producción y las restricciones de calidad, seguridad y mantenimiento comunicadas por el emplazamiento, y la agrega en un perfil de flexibilidad a nivel de clúster.

Decisión: el mismo componente determina las ofertas óptimas para el mercado diario búlgaro —paso 3— y, posteriormente, las ofertas óptimas para el mercado búlgaro de energía de balance, teniendo en cuenta la posición ya adoptada en el mercado diario —paso 4—. STOMANA, como agregador del clúster y BRP, confirma la estrategia resultante.

Activación: STOMANA presenta las ofertas confirmadas en los mercados búlgaros en su función de BRP, y los programas resultantes se comunican a los EMS industriales, que ajustan en consecuencia el momento de operación y la duración de los procesos implicados.

Monitorización y resultado: el consumo suministrado se mide con una resolución de 15 minutos y se compara con la posición programada. A continuación, los socios del consorcio, bajo el liderazgo de UPAT, evalúan los KPI definidos para el clúster industrial y presentados en la Sección 4.2.3 —paso 5—.

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial BG/GR

Descripción del caso de uso – UC-BGGR-02

El UC-BGGR-02 amplía más allá de una única área de balance la lógica de agregación establecida en el UC-BGGR-01.

Evalúa la viabilidad de agregar el clúster de STOMANA junto con el Complejo Industrial de Tesalónica de HELLENiQ ENERGY, es decir, industrias situadas en dos áreas de balance locales diferentes pero interconectadas, una bajo la jurisdicción del TSO griego IPTO y la otra bajo la jurisdicción del TSO búlgaro ESO, conectadas mediante una línea de transporte transfronteriza.

El caso de uso evalúa qué agregación transfronteriza de flexibilidad resulta realmente viable entre las áreas de ESO e IPTO aprovechando el margen disponible de la interconexión, y compara las condiciones de mercado a ambos lados de la frontera para cuantificar el potencial de arbitraje entre mercados.

Tal y como se contempla en el GA, la participación de la flexibilidad del clúster búlgaro en el mercado griego de balance es implícita, es decir, se realiza sin una plataforma central y a través de un agregador de flexibilidad certificado. Además, tiene en cuenta que la casación del mercado griego de reservas se produce después de la casación del mercado diario, de forma que el margen restante en las líneas de interconexión puede aprovecharse para fines de balance.

El resultado esperado es una evaluación cuantificada del potencial de arbitraje transfronterizo, obtenida mediante la evaluación y comparación de las condiciones de mercado en ambos países, sin vulnerar las restricciones de producción de las industrias participantes ni las restricciones de red de ninguno de los dos sistemas.

TABLA 40: PILOTO Nº3 – PARÁMETROS GENERALES PRINCIPALES DEL CASO DE USO UC-BGGR-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
ID y título del caso de uso	UC-BGGR-02 – Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial BG/GR
Descripción breve	Evaluar la agregación transfronteriza del clúster de STOMANA y HELLENiQ ENERGY para una participación flexible en los mercados mayoristas de energía y de energía de balance de ambos países

Objetivo / finalidad	Evaluar una agregación transfronteriza de flexibilidad viable entre las áreas de ESO e IPTO, aprovechando el margen disponible de la interconexión
Nivel del sistema abordado	EMS / agregador / iFAAP / TSO búlgaro y griego / mercado de balance
Resultado esperado	Analizar el potencial de arbitraje entre mercados mediante la evaluación y comparación de las condiciones de mercado en ambos países

Contexto industrial – UC-BGGR-02

El clúster transfronterizo reúne dos perfiles industriales muy diferentes. En la parte búlgara se mantiene el mismo clúster de tres industrias considerado en el UC-BGGR-01: STOMANA, SofiaMed y ETEM Gestamp. En la parte griega, el Complejo Industrial de Tesalónica de HELLENiQ ENERGY opera un proceso continuo de refino, procesos secundarios e hidrotratamiento, junto con la producción petroquímica asociada.

La diferencia en el carácter de los procesos de ambos lados constituye el rasgo definitorio de este caso de uso. Las cargas siderúrgicas búlgaras son de tipo discontinuo, interrumpibles y de potencia fija y, por tanto, reprogramables en el tiempo. Los procesos de refino griegos son continuos y, según lo indicado en el estudio del piloto, los ajustes de proceso son poco frecuentes y están condicionados por la producción.

El único activo flexible declarado para el emplazamiento griego es el motor del extrusor de la línea de producción de polipropileno, con una capacidad instalada de 5,4 MW, un consumo anual aproximado de 70,5 GWh y una carga pico de 4,67 MW.

Está clasificado dentro del arquetipo Proceso reprogramable, con el subtipo Proceso no interrumpible de potencia regulable, es decir, un proceso cuyo nivel de potencia puede modularse pero que no puede interrumpirse.

Puede ajustarse hasta un máximo de 1 MW de su consumo, y las principales restricciones son los requisitos del proceso y las necesidades comerciales de la planta. No existe un periodo específico de consumo pico, ya que la variación del consumo energético depende del tipo de polipropileno que se esté produciendo.

Los datos actuales e históricos están disponibles con resolución horaria mediante exportación manual, una resolución más baja que los datos de 15 minutos disponibles en la parte búlgara.

El control se realiza mediante los EMS Powernet y Zenon en HELLENiQ y mediante las instalaciones EMS de Schneider Electric en STOMANA.

TABLA 41: PILOTO Nº3 – CONTEXTO INDUSTRIAL PRINCIPAL DEL CASO DE USO UC-BGGR-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
Sector industrial	Fabricación de acero, transformación de cobre y transformación de aluminio (BG); refino de petróleo y petroquímica (GR)

Principales procesos industriales relevantes	Unidades de la acería y laminadores de STOMANA, junto con el proceso continuo de refino, procesado secundario e hidrotratamiento de HELLENiQ, los procesos de fundición, laminación y extrusión de SofiaMed y la extrusión de aluminio y el procesado secundario de ETEM Gestamp
Principales procesos flexibles consumidores de energía	Entre los procesos candidatos en Bulgaria se incluyen los EAF/LF, la colada y las unidades VD de STOMANA, cuyas potencias están confirmadas mientras que la capacidad flexible y la disponibilidad siguen dependiendo de los límites del proceso. HELLENiQ indica que los ajustes de proceso son poco frecuentes y están condicionados por la producción; el activo flexible declarado es el motor del extrusor de polipropileno, del que puede ajustarse hasta 1 MW de consumo
Escala de flexibilidad	Clúster industrial multiemplazamiento transfronterizo
Nivel de control	EMS Powernet y Zenon en HELLENiQ; instalaciones EMS de Schneider Electric en STOMANA

Contexto de mercado y del sistema – UC-BGGR-02

El UC-BGGR-02 aborda simultáneamente la energía mayorista y la energía de balance en dos entornos de mercado nacionales.

En la parte búlgara, los mercados relevantes son el mercado diario operado por IBEX, en el que STOMANA participa directamente, y el mercado de energía de balance operado por ESO, en el que STOMANA actúa como BRP.

En la parte griega, los mercados relevantes son el mercado diario operado por HEnEx, en el que HELLENiQ participa a través de un agregador, y el mercado de energía de balance operado por IPTO.

De acuerdo con el GA, el acceso de la flexibilidad del clúster búlgaro al mercado griego de balance se plantea como una participación implícita a través del agregador de flexibilidad certificado PPC, que optimizaría las ofertas de balance en nombre del conjunto del clúster transfronterizo. STOMANA no participa directamente en el mercado griego.

El caso de uso se activa a partir de señales de mercado y previsiones de precios a ambos lados de la frontera. La secuencia del mercado griego, en la que la casación del mercado de reservas se produce después de la del mercado diario, genera la oportunidad de aprovechar para fines de balance el margen restante de la interconexión.

La propuesta de valor combina la optimización de costes para los emplazamientos industriales participantes con el valor de arbitraje derivado de las diferencias en las condiciones de mercado entre ambos países y con el valor de aprendizaje asociado a determinar qué agregación transfronteriza de flexibilidad industrial resulta realmente viable con el marco regulatorio actual.

El nivel de madurez se clasifica como Futuro.

TABLA 42: PILOTO Nº3 - CONTEXTO DE MERCADO Y DEL SISTEMA DEL CASO DE USO UC-BGGR-02

Parámetro	Información específica del caso de uso

Categoría del mecanismo	Energía mayorista (mercado diario) / mercado de energía de balance (como BRP) / agregación transfronteriza
Mercado objetivo	Mercado diario búlgaro (IBEX) y mercado de energía de balance (ESO); mercado diario griego (HEnEx) y mercado de energía de balance (IPTO), este último con acceso implícito a través del agregador de flexibilidad certificado PPC
Categoría del desencadenante	Señal de mercado / previsión / solicitud del agregador
Nivel de madurez	Futuro (actualmente no existe ninguna entidad agregada transfronteriza que participe en ninguno de los dos mercados; el caso de uso se evalúa como escenario)
Principal generador de valor	Ingresos / optimización de costes / participación en el mercado / aprendizaje
Fuente de ingresos / beneficios	Reducción del coste eléctrico total —energía y balance— del clúster transfronterizo, junto con el valor de arbitraje entre mercados capturado a través de la interconexión BG–GR y reflejado en el volumen de energía intercambiado a través de la frontera.

Actores del caso de uso – UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: consumidor industrial griego que aporta demanda y flexibilidad potencial. Expone la parte regulable de su carga de extrusión de polipropileno y las correspondientes restricciones de proceso y comerciales.

Clúster de STOMANA: clúster industrial búlgaro y participante en la agregación de flexibilidad. Aporta a la evaluación transfronteriza la flexibilidad agregada establecida en el UC-BGGR-01.

IPTO: TSO griego y operador del área de balance de Tesalónica. Define el marco del mercado griego de balance y, conjuntamente con ESO, determina la capacidad de interconexión disponible para el día siguiente.

ESO: TSO búlgaro y operador del área de balance de Sofía. Define el marco del mercado búlgaro de balance y, conjuntamente con IPTO, determina el margen de interconexión disponible.

iFAAP y proveedores tecnológicos: realizan la previsión, agregación y optimización de la flexibilidad del clúster transfronterizo, evaluando conjuntamente la disponibilidad, las condiciones de mercado a ambos lados de la frontera y las restricciones industriales. Al igual que en el UC-BGGR-01, los componentes de previsión de demanda y precios son desarrollados por UPAT en las T4.1 y T4.2, y el componente de agregación de flexibilidad de la demanda por CARTIF.

PPC (agregador de flexibilidad certificado): previsto en el GA como el agregador certificado mediante el cual la flexibilidad del clúster búlgaro participaría implícitamente en el mercado griego de balance operado por IPTO, optimizando las ofertas de balance en nombre del conjunto del clúster transfronterizo.

Operación del caso de uso – UC-BGGR-02

El UC-BGGR-02 se inicia cuando están disponibles las previsiones de precios de los mercados diario y de energía de balance de Bulgaria y Grecia para el siguiente día de entrega, generadas por los componentes de previsión de demanda y precios de iFAAP desarrollados por UPAT.

A continuación, el componente de agregación de flexibilidad de la demanda de iFAAP, desarrollado por CARTIF y actuando como agregador o en nombre de este, evalúa conjuntamente la disponibilidad de flexibilidad a ambos lados de la frontera, las condiciones de mercado en ambos países y las restricciones industriales comunicadas por todos los emplazamientos participantes, incluidas las operaciones de mantenimiento y las paradas planificadas.

Un dato de entrada diferenciador respecto al UC-BGGR-01 es el margen de capacidad de interconexión puesto a disposición por los dos TSO para el día siguiente, que determina qué parte de la flexibilidad búlgara puede valorizarse de forma creíble en el lado griego.

A partir de esta información, la plataforma define las ofertas para los mercados diario y de energía de balance tanto de Grecia como de Bulgaria. El resultado esperado es que el escenario de flexibilidad transfronteriza pueda evaluarse y cuantificarse sin vulnerar las restricciones de producción de los emplazamientos industriales ni las restricciones de red de ninguno de los dos sistemas.

TABLA 43: PILOTO Nº3 -OPERACIÓN DEL CASO DE USO UC-BGGR-02

Parámetro	Información específica del caso de uso
Evento desencadenante	Previsión de los precios de los mercados diario y de energía de balance de Bulgaria y Grecia
Datos de entrada / variables	Previsiones de demanda de la planta y de los procesos; caracterización de la flexibilidad mediante arquetipos; previsiones de precios de mercado de ambos países; márgenes de capacidad de interconexión puestos a disposición por ESO e IPTO; restricciones operativas para el día siguiente —incluidos mantenimiento y paradas planificadas— comunicadas por el clúster búlgaro a través de STOMANA y por HELLENiQ ENERGY
Lógica de decisión	El agregador / iFAAP evalúa conjuntamente la disponibilidad, las condiciones de mercado y las restricciones industriales y determina la estrategia de ofertas en ambos entornos de mercado, con la previsión de demanda y precios proporcionada por UPAT y la agregación de flexibilidad de la demanda desarrollada por CARTIF
Acción esperada	Definir ofertas para los mercados diario y de energía de balance tanto de Grecia como de Bulgaria
Resultado esperado	Escenario de flexibilidad transfronteriza evaluado sin vulnerar restricciones de producción ni de red

Sistemas, datos y restricciones – UC-BGGR-02

Sistemas implicados: EMS Powernet y Zenon de HELLENiQ; instalaciones EMS de Schneider Electric en STOMANA; plataforma iFAAP de agregación y optimización; e interfaces con los TSO y los mercados de ambos lados de la frontera —IBEX y ESO en la parte búlgara, HEnEx e IPTO en la parte griega—.

Información utilizada: previsiones de demanda de planta y procesos; caracterización de la flexibilidad mediante arquetipos; previsiones de precios de mercado de ambos países; y capacidad de interconexión disponible comunicada por los dos TSO para el día siguiente.

Restricciones técnicas y operativas: restricciones operativas de los arquetipos relevantes en ambos lados. En la parte búlgara, límites de los procesos de STOMANA, programa de producción y restricciones de calidad, seguridad y mantenimiento. En la parte griega, el carácter continuo del proceso de refino, la limitación de la carga regulable del extrusor a un máximo de 1 MW y la dependencia del consumo respecto al tipo de polipropileno en producción. La asimetría en la granularidad de los datos entre ambos lados —15 minutos en Bulgaria y una hora en Grecia— limita la resolución temporal con la que puede caracterizarse el agregado transfronterizo.

Restricciones de mercado y regulatorias: reglas de los mercados griego y búlgaro; requisitos de elegibilidad del agregador, ya que la flexibilidad del clúster búlgaro solo puede acceder de forma implícita al mercado griego de balance a través de un agregador de flexibilidad certificado; y viabilidad del balance transfronterizo, limitada por la capacidad de interconexión restante una vez realizada la casación del mercado diario.

Escenario principal del caso de uso – UC-BGGR-02

Desencadenante: para el siguiente día de entrega, STOMANA y HELLENiQ ENERGY facilitan las restricciones operativas de los arquetipos relevantes, incluidas las operaciones de mantenimiento y las paradas planificadas —paso 1—; los componentes de previsión de demanda y precios de iFAAP, desarrollados por UPAT, generan las previsiones de demanda y de precios de energía y balance para ambos mercados —paso 2—; y ESO e IPTO ponen a disposición los márgenes de capacidad de interconexión para el día siguiente —paso 3—.

Evaluación: el componente de agregación de flexibilidad de la demanda de iFAAP, desarrollado por CARTIF, evalúa la flexibilidad combinada disponible a ambos lados de la frontera dentro de las respectivas envolventes operativas de los arquetipos, compara las condiciones de mercado de ambos países y determina qué parte de la flexibilidad disponible puede valorizarse a través de la frontera teniendo en cuenta el margen de interconexión.

Decisión: el mismo componente determina las ofertas óptimas para el mercado diario —paso 4— y, teniendo en cuenta las posiciones resultantes, las ofertas óptimas para el mercado de energía de balance —paso 5— tanto para la parte búlgara como para la griega. Los emplazamientos industriales participantes confirman que los programas resultantes son compatibles con sus planes de producción.

Activación: las ofertas se presentan en los mercados correspondientes, directamente por STOMANA como BRP en la parte búlgara y a través del agregador de flexibilidad certificado en la parte griega, y los programas resultantes se transmiten a los EMS industriales de cada emplazamiento.

Monitorización y resultado: el consumo suministrado se mide y se compara con las posiciones programadas en ambos lados. A continuación, los socios del consorcio, bajo el liderazgo de UPAT, evalúan los KPI definidos para el clúster industrial, incluido el volumen de energía intercambiado a través de la frontera —paso 6—.

3.3 Registro consolidado de casos de uso

Los ocho casos de uso desarrollados en los tres pilotos de LEONARDO abordan diferentes formas y niveles de flexibilidad industrial. Abarcan desde la agregación y activación de recursos distribuidos hasta la operación en respuesta a precios, los mecanismos de flexibilidad locales y nacionales y la coordinación transfronteriza.

Los tres casos de uso italianos forman una secuencia que parte de la agregación de cargas industriales y recursos energéticos distribuidos, continúa con su posible utilización en el mercado nacional de balance y culmina en un mercado local de flexibilidad dentro del área de distribución de CEDIS.

Los casos de uso austriacos combinan evaluaciones basadas en datos con actividades conceptuales y basadas en escenarios. Abordan la respuesta flexible de la industria a los precios del mercado diario, un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de distribución y las condiciones para una posible participación y coordinación a nivel de TSO.

Los casos de uso búlgaro-griegos se centran en la agregación y programación orientada al mercado de grandes cargas industriales, primero dentro de Bulgaria y posteriormente entre las áreas de mercado búlgara y griega.

Piloto	Caso de uso y título	Enfoque principal	Resultado esperado
Piloto italiano	**UC-IT-01 – Agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos**	Agregación y coordinación de cargas industriales y recursos energéticos distribuidos mediante FLEXIA	Enfoque validado para la programación y activación de flexibilidad agregada
Piloto italiano	**UC-IT-02 – Operación en el mercado nacional de balance**	Participación potencial de recursos agregados en el mercado italiano de balance	Evaluación de la contribución potencial del agregado a los servicios nacionales de balance
Piloto italiano	**UC-IT-03 – Operación de un mercado local de flexibilidad para la gestión de la red del DSO**	Flexibilidad local para autoconsumo, integración de RES y gestión de la red de distribución	Operación simulada de un mercado local de flexibilidad y evaluación de sus efectos sobre la red y la economía
Piloto austriaco	**UC-AT-01 – Análisis de diferentes estrategias de participación en el**	Respuesta flexible del consumo industrial a los precios de la electricidad del mercado diario,	Estrategias de operación adecuadas y cuantificación de los beneficios potenciales

	mercado energético en Austria	considerando la generación fotovoltaica in situ y el almacenamiento	para los emplazamientos industriales
Piloto austriaco	**UC-AT-02 – Diseño de un mercado de flexibilidad a nivel de distribución**	Contribución potencial de la flexibilidad industrial a un posible futuro mecanismo de flexibilidad a nivel de distribución	Propuesta de un mecanismo a nivel de DSO para asociar futuras necesidades de la red con la flexibilidad industrial
Piloto austriaco	**UC-AT-03 – Coordinación multinivel de la flexibilidad**	Condiciones para una posible participación a nivel de TSO y coordinación con un posible uso a nivel de DSO	Evaluación de las opciones de participación y coordinación de la flexibilidad industrial
Piloto búlgaro-griego	**UC-BGGR-01 – Agregación de la flexibilidad industrial búlgara dentro de la frontera nacional**	Agregación y programación orientada al mercado de la flexibilidad industrial dentro de Bulgaria	Enfoque validado de agregación y presentación de ofertas para los mercados búlgaros mayorista y de balance
Piloto búlgaro-griego	**UC-BGGR-02 – Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial BG/GR**	Agregación transfronteriza de la flexibilidad industrial búlgara y griega	Enfoque validado de agregación y presentación de ofertas para los mercados búlgaros mayorista y de balance

En conjunto, el registro consolidado demuestra que los casos de uso de LEONARDO cubren una progresión que parte de la identificación y agregación de la flexibilidad industrial y avanza hacia su posible utilización en operaciones basadas en precios, servicios de apoyo a la red y mercados energéticos nacionales o transfronterizos.

4 Evaluación del rendimiento y marco de KPI

Este capítulo presenta el marco de evaluación del rendimiento y de KPI desarrollado para los tres emplazamientos piloto de LEONARDO. El marco traduce los objetivos y resultados esperados de los casos de uso específicos de cada piloto en indicadores medibles y proporciona una estructura común para su posterior monitorización y evaluación.

Los KPI se definieron a nivel de emplazamiento piloto y de caso de uso para reflejar las diferentes condiciones técnicas, operativas, de mercado y económicas abordadas por cada escenario. Al mismo tiempo, se aplicó un enfoque armonizado para la formulación de los indicadores en todos los pilotos, con el fin de garantizar la coherencia y comparabilidad.

De acuerdo con el alcance definido para el marco de evaluación, el conjunto de KPI contempla dimensiones técnicas, medioambientales, económicas y sociales, según corresponda a cada caso de uso.

4.1 Enfoque de evaluación y estructura del marco

La formulación de los KPI se integró directamente en la plantilla común de modelado de casos de uso. Este enfoque permitió desarrollar los indicadores conjuntamente con la especificación detallada de cada caso de uso y garantizó una asignación clara de cada KPI al correspondiente emplazamiento piloto y escenario.

Para cada caso de uso, se tuvieron en cuenta los objetivos definidos, los resultados esperados, las condiciones operativas y las restricciones relevantes a la hora de identificar los indicadores adecuados.

La plantilla proporciona una estructura común para documentar la categoría del KPI, su definición, la unidad y el método de medición o cálculo. Esto permite describir los indicadores de forma coherente entre los distintos pilotos. De este modo, los indicadores pueden describirse con un formato coherente, permitiendo al mismo tiempo que su contenido refleje las características específicas de cada caso de uso.

El marco resultante combina una metodología armonizada con conjuntos de KPI específicos para cada piloto. De esta forma, permite aplicar un enfoque de evaluación coherente en todo LEONARDO sin perder el foco particular de los diferentes casos de uso y emplazamientos piloto.

4.2 Repositorio de KPI y parámetros de monitorización

Esta sección presenta el repositorio de KPI desarrollado para los tres emplazamientos piloto y sus respectivos casos de uso. Los indicadores se documentan junto con su categoría, definición, unidad y método de medición o cálculo, así como con los parámetros de monitorización relevantes disponibles en esta fase del proyecto.

4.2.1 Emplazamiento piloto n.º 1: piloto italiano

Descripción general de los KPI del piloto – PS#1

Para evaluar de forma sistemática el rendimiento de la plataforma de agregación desarrollada en el piloto italiano y cuantificar los beneficios multidimensionales de las soluciones simuladas de flexibilidad en los contextos nacional y local, se ha estructurado un conjunto específico de KPI para los tres casos de uso principales.

Para el primer caso de uso, centrado en la agregación de flexibilidad procedente de cargas industriales distribuidas y recursos energéticos, el interés se centra en la capacidad de la plataforma para construir y operar un agregado de flexibilidad fiable. Por este motivo, los KPI seleccionados abordan tanto la magnitud del recurso agregado —expresada en términos de potencia disponible y energía activable anualmente, diferenciando entre flexibilidad al alza y a la baja— como la calidad

operativa de la propia plataforma, medida mediante la tasa de éxito de las activaciones y el tiempo medio necesario para alcanzar una nueva consigna ajustada tras una solicitud de flexibilidad.

Para el cálculo deben tenerse cuidadosamente en cuenta las restricciones operativas específicas de cada activo, como la continuidad de los procesos, los umbrales térmicos, los límites de seguridad y los límites de estado de carga de los sistemas de almacenamiento en baterías y los vehículos eléctricos, así como los datos procedentes del registro de activaciones simuladas.

En conjunto, estos indicadores proporcionan una visión clara tanto de cuánta flexibilidad puede desplegarse como de la eficacia con la que la plataforma puede coordinarla en la práctica, aspectos que constituyen las condiciones básicas para cualquier servicio posterior de mercado o de apoyo a la red.

Para el segundo caso de uso, los KPI pasan a centrarse en demostrar el valor que el agregado de flexibilidad puede aportar a escala del balance nacional y, por tanto, cubren tres dimensiones complementarias: el impacto sobre la red en términos de reducción de picos y relleno de valles, que mide la capacidad de la plataforma para modificar el perfil de carga durante las solicitudes del mercado de balance; los retornos económicos simulados generados mediante la participación en los mecanismos de disponibilidad de capacidad de Terna y las modulaciones del mercado de balance; y el beneficio medioambiental, expresado como emisiones de CO_2eq evitadas en comparación con las centrales convencionales de gas utilizadas para cubrir picos que, de otro modo, proporcionarían el servicio de balance.

Esta combinación se seleccionó porque permite evaluar el caso de uso no solo desde un punto de vista técnico, sino también en función de su capacidad para generar valor económico y de descarbonización.

Finalmente, para el tercer caso de uso, relativo a los mercados locales de flexibilidad para la gestión de la red del DSO, los KPI se adaptan a la dimensión local del servicio. Los indicadores de impacto sobre la red miden la mitigación de las congestiones locales causadas por la sobreproducción renovable y el aumento del autoconsumo mediante la reducción de las importaciones desde la red externa.

Los indicadores de impacto económico evalúan tanto los beneficios económicos que puede obtener CEDIS mediante la valorización de los recursos locales y la reducción de su exposición a las compras en el mercado mayorista, como los ingresos obtenidos por los usuarios industriales individuales que participan en el mercado local de flexibilidad de CEDIS mediante primas de disponibilidad y activación.

De este modo, los indicadores del UC-IT-03 recogen tanto los beneficios físicos como económicos de la valorización de la flexibilidad local, reflejando la doble perspectiva del DSO y de los usuarios participantes.

TABLA 44: PILOTO Nº1 – REPOSITORIO DE KPI

Categoría del KPI	KPI	Caso(s) de uso relacionado(s)	Método de medición / cálculo	Parámetros de monitorización / estado

Rendimiento de la flexibilidad	Capacidad de flexibilidad agregada (disponibilidad), al alza y a la baja [MW]	UC-IT-01	Para cada activo flexible, considera la diferencia entre la potencia máxima —o mínima— y la potencia nominal, ponderada mediante factores robustos que tienen en cuenta las restricciones específicas del activo. La capacidad de flexibilidad agregada se calcula como la suma de la contribución de cada activo individual, por separado para la flexibilidad al alza y a la baja	Restricciones específicas de los activos: continuidad del proceso, límites térmicos, seguridad de los trabajadores, energía residual de entrada/salida — definida como la cantidad de energía que puede entrar en una batería, incluidos los VE, antes de alcanzar la carga completa, o salir de ella antes de alcanzar el SOC mínimo—, etc.
Rendimiento de la flexibilidad	Volumen de flexibilidad agregada (activación), al alza y a la baja [MWh/año]	UC-IT-01	Para cada activo flexible, considera la energía que puede desplazarse a lo largo de un año, teniendo en cuenta la potencia flexible y el número estimado de horas de la ventana de activación. El volumen de flexibilidad agregada se calcula como la suma de la contribución de cada activo individual, por separado para la flexibilidad al alza y a la baja	Ventanas de activación específicas de cada activo a lo largo del año
Rendimiento operativo	Activaciones realizadas con éxito respecto al total de solicitudes [%]	UC-IT-01	Número de intervalos de 15 minutos caracterizados por una respuesta satisfactoria de los activos a la plataforma FLEXIA dividido entre el número total de intervalos de 15 minutos en los que existe una solicitud de flexibilidad. Se utiliza el cuarto de hora como periodo de liquidación típico en los programas de flexibilidad	Registro simulado de activaciones
Rendimiento operativo	Duración media del ciclo, desde la activación de la flexibilidad hasta alcanzar la nueva	UC-IT-01	Tiempo medio transcurrido desde la activación de la flexibilidad hasta la respuesta satisfactoria, más el tiempo simulado de rampa de	Registro simulado de activaciones; características específicas de rampa

	consigna ajustada [min]		subida/bajada necesario para alcanzar la nueva consigna ajustada	de subida/bajada de cada activo
Impacto sobre la red	Reducción de picos y relleno de valles [MW]]	UC-IT-02	Reducción/aumento máximo simulado del consumo durante una solicitud del MSD para un periodo de pico/valle	Registro simulado de activaciones; requisitos de activación rápida de Terna que deben cumplirse; volúmenes actuales solicitados por el MSD
Impacto económico	Ingresos simulados procedentes de MSD/UVA [€/año]	UC-IT-02	Ingresos simulados derivados de la participación anual en la UVA de Terna —disponibilidad— y en el MSD de GME para Terna —activación: energía modulada—	Registro simulado de activaciones; requisitos de activación rápida de Terna que deben cumplirse; volúmenes y precios actuales solicitados por el MSD; prima actual de disponibilidad de la UVA
Impacto medioambiental	Reducción estimada de emisiones procedentes de centrales de gas de pico utilizadas para balance [tCO_2eq/año]	UC-IT-02	CO_2 evitado simulado debido a la participación en el balance de la red nacional en sustitución de una unidad convencional de gas. Factor de emisión: 380 gCO_2eq/kWh; fuente: ISPRA, Settore elettrico: emissioni di CO2 e altri impatti, 2026	Registro simulado de activaciones; requisitos de activación rápida de Terna que deben cumplirse; volúmenes actuales solicitados por el MSD
Impacto sobre la red	Reducción de congestiones locales asociadas a RES [MW]	UC-IT-03	Reducción simulada del máximo contraflujo anual desde la red de CEDIS hacia la red externa gracias a la activación de flexibilidad a la baja durante periodos de elevada producción local de RES	Registro simulado de activaciones; flujos de red previstos
Impacto sobre la red	Reducción de importaciones desde la red externa —aumento del autoconsumo— [MWh/año]	UC-IT-03	Reducción simulada de la energía anual importada desde la red externa —comprada en el mercado mayorista— y consiguiente aumento del autoconsumo anual gracias a las activaciones de flexibilidad	Registro simulado de activaciones; flujos de red previstos

Impacto económico	Ingresos para CEDIS derivados del autoconsumo [€/año]	UC-IT-03	Valorización económica simulada del aumento del autoconsumo: margen derivado del consumo local —en comparación con la operación en el mercado mayorista durante periodos de producción pico— más el ahorro derivado de una menor compra de energía en el mercado mayorista	Registro simulado de activaciones; flujos de red previstos; precios actuales del mercado mayorista de GME
Impacto económico	Ingresos para CEDIS derivados del autoconsumo [€/año]	UC-IT-03	Ingresos económicos simulados para los usuarios industriales derivados de su participación en el LFM de CEDIS: ingresos por disponibilidad —€/MW de capacidad flexible ofertada— más ingresos por activación —€/MWh de energía desplazada respecto a una línea de referencia predefinida—	Registro simulado de activaciones; primas de disponibilidad y activación asumibles

4.2.2 Emplazamiento piloto n.º 2: piloto austriaco

Descripción general de los KPI del piloto – PS#2

El conjunto de KPI desarrollado para el piloto austriaco refleja los diferentes objetivos y niveles de madurez de los tres casos de uso. Abarca el uso económico de la flexibilidad industrial en respuesta a precios dinámicos del mercado diario, la posible contribución de la flexibilidad industrial a un futuro mercado de flexibilidad a nivel de distribución y la adecuación y asignación coordinada de la flexibilidad entre mecanismos a nivel de DSO y TSO.

Para el UC-AT-01, los KPI evalúan los efectos económicos y energéticos derivados del desplazamiento del consumo industrial flexible hacia periodos más favorables. El principal indicador es la reducción potencial de los costes eléctricos respecto a una operación de referencia. Se complementa con indicadores relativos al aumento del autoconsumo fotovoltaico y a la cantidad de carga flexible que puede desplazarse hacia periodos con precios de electricidad más bajos o con una mayor disponibilidad de generación fotovoltaica in situ.

Los KPI del UC-AT-02 evalúan el posible uso de la flexibilidad industrial dentro de un futuro mercado de flexibilidad a nivel de distribución. Dado que actualmente no existe en Austria un mercado de este tipo y no se dispone de solicitudes reales del DSO ni de datos específicos de restricciones de red de los emplazamientos, estos KPI se evaluarán mediante escenarios representativos.

Los indicadores miden la flexibilidad industrial potencialmente disponible para su uso a nivel de distribución, su disponibilidad cuando se produzca una necesidad de flexibilidad asumida y la proporción de dicha necesidad que podría cubrirse potencialmente.

Para el UC-AT-03, los KPI evalúan si la flexibilidad industrial disponible cumple los requisitos definidos para su uso a nivel de DSO, a nivel de TSO o en ambos. Un segundo indicador analiza si la flexibilidad potencialmente adecuada para ambos niveles puede asignarse sin un doble compromiso y sin vulnerar las restricciones de los procesos industriales.

Estos KPI se basan en la comparación entre las características de flexibilidad de los emplazamientos piloto y los requisitos relevantes identificados mediante investigación, intercambio de conocimiento y desarrollo de escenarios. No miden una participación real en mercados de DSO o TSO.

Los KPI se asignan a casos de uso individuales porque cada caso de uso aborda un objetivo de evaluación diferente. No obstante, todos ellos se apoyan en un conjunto común de parámetros de monitorización subyacentes, entre los que se incluyen la demanda eléctrica industrial, las condiciones de los procesos, la potencia y energía flexible disponible, la duración de la flexibilidad, la generación fotovoltaica y la información sobre almacenamiento.

Las líneas de referencia, los escenarios representativos y los periodos detallados de monitorización se especificarán con mayor detalle durante la puesta en marcha del piloto y la monitorización de referencia.

TABLA 45: PILOTO Nº2 – REPOSITORIO DE KPI

KPI Categoría del KPI	KPI	Caso(s) de uso relacionado(s)	Método de medición / cálculo	Parámetros de monitorización / estado
Impacto económico	Potencial de ahorro en el coste de la electricidad – Reducción potencial de los costes eléctricos mediante el uso optimizado de la flexibilidad industrial. Unidad: % / EUR	UC-AT-01	Comparación de los costes eléctricos correspondientes a los perfiles de carga de referencia y optimizado utilizando los mismos precios del mercado diario	Se requieren perfiles de carga y precios del mercado diario
Rendimiento de la flexibilidad	Carga flexible desplazada hacia periodos favorables – Consumo flexible identificado que puede desplazarse hacia periodos con precios más bajos y/o mayor disponibilidad fotovoltaica. Unidad: % / kWh	UC-AT-01	Cantidad y proporción del consumo flexible en comparación con la operación de referencia.	Se requieren perfiles de carga, información de precios o generación fotovoltaica y límites de flexibilidad

Rendimiento de la flexibilidad	Potencial de flexibilidad industrial para su uso a nivel de distribución – Potencia y energía flexibles potencialmente disponibles para un posible futuro mercado del DSO. Unidad: kW / kWh	UC-AT-02	Determinación de la potencia y energía flexibles técnica y operativamente viables	Se requieren datos de carga industrial, duración de la flexibilidad y restricciones de proceso.
Potencial de apoyo a la red	Contribución potencial a necesidades asumidas de flexibilidad a nivel de distribución – Proporción de una necesidad de flexibilidad asumida que podría cubrirse potencialmente. Unidad: %	UC-AT-02	Flexibilidad industrial disponible dividida entre la necesidad de flexibilidad asumida	Se requiere una necesidad representativa de flexibilidad y la flexibilidad industrial disponible.
Adecuación de la flexibilidad	Adecuación de la flexibilidad industrial para la participación a nivel de TSO – Evaluación de si la flexibilidad industrial identificada podría cumplir los requisitos técnicos, operativos y de acceso al mercado relevantes para determinados servicios de flexibilidad del TSO. Unidad: evaluación cualitativa / % cuando sea cuantificable	UC-AT-03	Comparación de la flexibilidad industrial identificada y de las condiciones de participación con los requisitos de los servicios de flexibilidad del TSO seleccionados	Se requieren las características de la flexibilidad industrial y los requisitos técnicos, regulatorios, de agregación y de acceso al mercado relevantes

4.2.3 Emplazamiento piloto n.º 3: piloto búlgaro-griego

Descripción general de los KPI del piloto – PS#3

El conjunto de KPI definido para el piloto búlgaro-griego abarca dos niveles complementarios.

El primero corresponde al nivel de caso de uso y se deriva directamente de los objetivos y resultados esperados de los UC-BGGR-01 y UC-BGGR-02, tal como se especifican en la Sección 3.2.3. Comprende un indicador económico, un indicador de rendimiento de la flexibilidad y un indicador de impacto sobre el sistema.

Los dos primeros son comunes a ambos casos de uso, ya que los dos persiguen el mismo objetivo económico mediante el mismo mecanismo de desplazamiento de la demanda. El tercero se aplica únicamente al UC-BGGR-02, dado que el intercambio transfronterizo de energía no tiene equivalente en la configuración dentro de la frontera nacional.

El segundo nivel comprende los indicadores a nivel de proyecto con los que se evalúa el piloto dentro del marco LIFE: ahorro de energía primaria y final, generación RES, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero e inversión acumulada en energía sostenible.

Estos indicadores se aplican al piloto en su conjunto, y no a un caso de uso individual, y se calculan sobre el agregado de los dos emplazamientos industriales, distribuyéndose entre STOMANA y HELLENiQ de acuerdo con el consumo de red de referencia declarado para cada uno.

Dado que ni el agregado dentro de la frontera nacional ni el agregado transfronterizo operan actualmente como una entidad de presentación de ofertas, todos los KPI de los casos de uso se evaluarán comparando el programa agregado optimizado con una línea de referencia de operación habitual (business-as-usual).

Esta línea de referencia todavía no está disponible: se establecerá durante la puesta en marcha del piloto y la monitorización de los datos de referencia en la T5.1. La evaluación de estos KPI se llevará a cabo en la T5.4. De acuerdo con el flujo de proceso especificado para ambos casos de uso en la Sección 3.2.3, la evaluación será realizada por los socios del consorcio bajo el liderazgo de UPAT.

Por tanto, los parámetros de monitorización que se presentan a continuación distinguen entre la información ya disponible a partir del estudio del piloto y los elementos que todavía están pendientes de definición.

TABLA 46: PILOTO Nº3 – REPOSITORIO DE KPI

Categoría del KPI	KPI	Caso(s) de uso relacionado(s)	Método de medición / cálculo	Parámetros de monitorización / estado
Impacto económico	Reducción del coste total de electricidad —energía y balance— del clúster industrial [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Diferencia entre el coste combinado de energía del mercado diario y de balance del clúster agregado con la estrategia de ofertas optimizada y el correspondiente coste en la línea de referencia de operación habitual, expresada como porcentaje del coste de referencia	Disponible: consumo medido con resolución de 15 min en STOMANA, SofiaMed y ETEM Gestamp, y horaria en HELLENiQ; precios de mercado de IBEX y ESO, además de precios de HEnEx e IPTO para UC-BGGR-02. Pendiente de definir: línea de referencia de operación habitual (T5.1)
Rendimiento de la flexibilidad	Cantidad de demanda desplazada [MWh]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Volumen de energía desplazado en el tiempo respecto al perfil de consumo de referencia, calculado a partir de los perfiles medidos de los activos participantes durante el periodo de evaluación. La convención de agregación entre activos se fijará en la T2.4 y se aplicará en la T5.4	Disponible: perfiles medidos y envolventes operativas por arquetipo. Pendiente de definir: capacidad flexible validada por activo, todavía sujeta a confirmación de los límites de proceso por parte de los emplazamientos piloto

Impacto sobre el sistema	Cantidad de energía intercambiada a través de la frontera [MWh]	UC-BGGR-02	Volumen de energía programado a través de la interconexión BG–GR como resultado de las ofertas de flexibilidad transfronteriza, acumulado durante el periodo de evaluación	Pendiente de definir: márgenes de capacidad de interconexión que deberán proporcionar ESO e IPTO; convención de atribución para la participación transfronteriza implícita a través de un agregador certificado
Eficiencia energética (KPI 2 del proyecto)	Ahorro de energía final [MWh/año]	Nivel de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Enfoque ascendente conforme a las directrices de CINEA: consumo eléctrico de red medido y/o estimado antes y después de la implementación. Objetivo de 8.500 MWh/año durante el proyecto, frente a un consumo de red previo al proyecto de 850.000 MWh/año —STOMANA 540.000; HELLENiQ 310.000—, y 25.500 MWh/año durante los cinco años posteriores al proyecto	Pendiente de definir: medición de la línea de referencia en la T5.1. Se observa una divergencia entre estas cifras de referencia y el consumo anual indicado en el estudio del piloto —Sección 2.2.3—, que deberá aclararse con ambos emplazamientos
Eficiencia energética (KPI 1 del proyecto)	Ahorro de energía primaria [MWh/año]	Nivel de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Ahorro de energía final multiplicado por el factor estándar de energía primaria de 1,9. Valor de la propuesta: 17.000 MWh/año, revisado a 16.150 MWh/año para hacerlo coherente con el ahorro de energía final; el valor de la propuesta para los cinco años posteriores al proyecto es de 51.000 MWh/año y todavía no ha sido revisado	Derivado del KPI 2 del proyecto; no requiere monitorización independiente
Impacto medioambiental (KPI 4 del proyecto)	Reducción de emisiones de GEI [tCO_2eq/año]	Nivel de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Disminución del consumo eléctrico de red multiplicada por el factor de emisión nacional correspondiente — BG: 0,508 o 0,540; GR: 0,412 o 0,502 tCO_2eq/MWh—. Objetivo de 4.413 tCO_2eq/año durante el proyecto y 13.239	Pendiente de definir: reparto del ahorro de 8.500 MWh/año entre los emplazamientos búlgaro y griego, que determina los factores de emisión aplicables, y selección entre los dos valores de factor disponibles para cada país

			tCO_2eq/año durante los cinco años posteriores al proyecto	
Impacto medioambiental (KPI 3 del proyecto)	Generación RES [MWh/año]	Nivel de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Medición directa de la generación eléctrica RES in situ. Objetivo: 0 MWh/año tanto durante el proyecto como durante los cinco años posteriores	No se ha declarado generación RES in situ en ninguno de los dos emplazamientos —Sección 2.2.3—; no se requiere infraestructura de monitorización
Inversión (KPI 5 del proyecto)	Inversiones acumuladas en energía sostenible [€]	Nivel de piloto (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Medición directa de la inversión en generación RES y flexibilidad eléctrica —generación, baterías, monitorización y control—. Valor de la propuesta: 0 tanto durante el proyecto como durante los cinco años posteriores	Pendiente de confirmación con los dos emplazamientos industriales

4.3 Marco consolidado de evaluación del rendimiento

El marco de evaluación del rendimiento reúne los KPI definidos para los ocho casos de uso de los tres pilotos de LEONARDO. Los indicadores cubren los principales aspectos técnicos, operativos, relacionados con la red, económicos, medioambientales y energéticos de la flexibilidad industrial, y reflejan los diferentes objetivos y configuraciones de cada piloto.

La visión consolidada agrupa los KPI por categoría de evaluación y los vincula con los correspondientes pilotos y casos de uso. De este modo, se ponen de manifiesto las áreas de evaluación comunes dentro de LEONARDO, manteniendo al mismo tiempo los indicadores específicos de cada piloto necesarios para evaluar los distintos recursos de flexibilidad, mecanismos de mercado y niveles del sistema.

Las definiciones detalladas, los métodos de cálculo y los parámetros de monitorización se proporcionan en las respectivas secciones de KPI de cada piloto.

TABLA 47: RESUMEN CONSOLIDADO DE KPI

Categoría del KPI	Piloto	Caso(s) de uso relacionado(s)	KPIs
Rendimiento de la flexibilidad	Italia	UC-IT-01	Capacidad de flexibilidad agregada [MW]; volumen de flexibilidad agregada [MWh/año]

	Austria	UC-AT-01, UC-AT-02	Carga flexible desplazada hacia periodos favorables [% / kWh]; potencial de flexibilidad industrial para su uso a nivel de distribución
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Cantidad de demanda desplazada [MWh]
Rendimiento operativo	Italia	UC-IT-01	Activaciones realizadas con éxito respecto al total de solicitudes [%]; duración media del ciclo [min]
Impacto sobre la red y el sistema	Italia	UC-IT-02, UC-IT-03	Reducción de picos y relleno de valles [MW]; reducción de congestiones locales asociadas a RES [MW]; reducción de importaciones desde la red externa [MWh/año]
	Austria	UC-AT-02	Contribución potencial a necesidades asumidas de flexibilidad a nivel de distribución [%]
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-02	Cantidad de energía intercambiada a través de la frontera [MWh]
Adecuación de la flexibilidad	Austria	UC-AT-03	Adecuación de la flexibilidad industrial para la participación a nivel de TSO [evaluación cualitativa / % cuando sea cuantificable]
Impacto económico	Italia	UC-IT-02, UC-IT-03	Ingresos simulados procedentes de MSD/UVA [EUR/año]; ingresos para CEDIS derivados del autoconsumo [EUR/año]; ingresos acumulados para los usuarios industriales [EUR/año]
	Austria	UC-AT-01	Potencial de ahorro en el coste de la electricidad [% / EUR]
	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Reducción del coste total de electricidad del clúster industrial [%]
Eficiencia energética	Bulgaria–Grecia	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Ahorro de energía final [MWh/año]; ahorro de energía primaria [MWh/año]
Impacto medioambiental	Italia	UC-IT-02	Reducción estimada de emisiones procedentes de centrales de gas utilizadas para balance [tCO_2eq/año]
	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Reducción de emisiones de GEI [tCO_2eq/año]; generación RES [MWh/año]
Inversión	Bulgaria–Greece	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Inversiones acumuladas en energía sostenible [EUR]

El marco consolidado de KPI proporciona la base para definir las líneas de referencia y los parámetros de monitorización necesarios durante la preparación de los pilotos, realizar el seguimiento de la implementación de los casos de uso y evaluar su rendimiento.

Los resultados permitirán comparar los resultados obtenidos o basados en escenarios con los objetivos definidos para cada piloto y caso de uso.

5 Trazabilidad y utilización de los resultados de D2.2

Este capítulo muestra cómo se conectan los principales resultados de D2.2 y cómo proporcionan información de entrada para las actividades posteriores del proyecto.

Establece la trazabilidad desde las características de los emplazamientos piloto y los inventarios de flexibilidad, pasando por los casos de uso especificados, hasta los KPI correspondientes y los requisitos de monitorización.

También explica cómo estos resultados sirven de apoyo a la arquitectura técnica, la gestión de datos, el desarrollo de algoritmos, la preparación de los pilotos, la integración, las pruebas y la evaluación del rendimiento dentro de LEONARDO.

5.1 Utilización de los resultados en la T2.5 – Requisitos técnicos y modelo de arquitectura

Los estudios de los pilotos, las especificaciones de los casos de uso y el marco de KPI proporcionan la información específica de cada piloto necesaria para el desarrollo de la arquitectura iFAAP y de la hoja de ruta de integración en la T2.5.

Junto con los requisitos de las partes interesadas establecidos en la T2.1, estos resultados permiten traducir las necesidades operativas de los tres pilotos en requisitos funcionales, técnicos, de información y de despliegue.

Los estudios de los pilotos identifican los sistemas y recursos que deben representarse o conectarse, incluidos los sistemas industriales de monitorización y control, los EMS, las tecnologías de generación y almacenamiento, los activos industriales flexibles, las fuentes de datos y las interfaces disponibles.

También describen restricciones relevantes relacionadas con la disponibilidad de datos, la interoperabilidad, la operación industrial, la continuidad de los procesos y las capacidades de control. Esta información sirve de apoyo para definir los límites del sistema, las conexiones de datos y los requisitos de integración específicos de cada piloto.

Las especificaciones de los casos de uso describen los flujos de trabajo previstos entre los activos industriales, los sistemas de control y monitorización, los componentes de iFAAP y los actores relevantes del mercado energético o de la red.

Sus secuencias operativas, variables de entrada, acciones esperadas e intercambios de información proporcionan la base para las vistas funcionales y los diagramas de secuencia desarrollados en la T2.5. Las diferencias entre los casos de uso operativos, simulados y basados en escenarios también indican qué funciones e interfaces son necesarias para cada configuración de piloto.

El marco de KPI complementa estas entradas al identificar los datos y la información de monitorización necesarios para evaluar los casos de uso. Sirve de apoyo para especificar las medidas, los resultados calculados y los flujos de información que deberán estar disponibles para la posterior monitorización y evaluación del rendimiento.

La T2.5 consolidará estas entradas en la arquitectura iFAAP de extremo a extremo. El modelo de arquitectura resultante definirá los componentes necesarios, las interfaces, los mecanismos de interoperabilidad y las vistas de despliegue específicas de cada piloto.

Su hoja de ruta de integración servirá posteriormente de guía para las actividades de orquestación y prototipado de la T5.2 y para las configuraciones y despliegues específicos de los pilotos en la T5.3.

5.2 Utilización de los resultados en el WP3 – Gestión y recopilación de datos

Los resultados de los estudios de los pilotos y del modelado de casos de uso específicos de cada piloto proporcionan información directa para las actividades de gestión de datos, recopilación de datos e interoperabilidad realizadas en el WP3.

Los estudios de los pilotos identifican los recursos energéticos disponibles en cada emplazamiento, incluidos los sistemas de generación y almacenamiento, así como los activos flexibles, las características relevantes de los procesos industriales y las fuentes de datos asociadas. Esta información ayuda a identificar las fuentes de datos heterogéneas que deben ser accesibles, recopiladas e integradas en la infraestructura de datos de LEONARDO.

Las especificaciones de los casos de uso complementan esta información al identificar los datos necesarios para cada escenario de flexibilidad. En particular, definen los principales datos de entrada y variables, los sistemas implicados en la prestación de los servicios de flexibilidad y los flujos de información entre ellos.

En la T3.1, estas entradas sirven de apoyo para definir y adaptar los modelos semánticos comunes, identificando las principales entidades que deben representarse. Los activos, procesos, medidas e intercambios de información identificados en los pilotos y casos de uso proporcionan la base para definir los conceptos y relaciones correspondientes.

Estos se alinean, cuando procede, con SAREF y sus extensiones, con el fin de proporcionar una representación armonizada de los datos heterogéneos de los pilotos dentro del marco de interoperabilidad semántica de LEONARDO.

En la T3.2, la información sobre las fuentes de datos disponibles, las interfaces de comunicación y las características de los datos se utiliza para definir los mecanismos necesarios para la recopilación de datos y la integración semántica.

Las interfaces y fuentes de datos identificadas mediante los estudios de los pilotos sirven de apoyo para configurar los conectores por lotes y en streaming necesarios, así como los procesos ETL. Al mismo tiempo, los requisitos de datos identificados en los casos de uso guían la transformación y la integración semántica de los datos recopilados hacia la representación común de datos de LEONARDO.

Finalmente, los sistemas, actores e intercambios de información identificados en los casos de uso también son relevantes para la T3.3, especialmente para la integración de la infraestructura de datos de LEONARDO con los sistemas industriales y energéticos existentes y con actores externos, incluidos EMS heredados y las interfaces relevantes con TSO, DSO y mercados.

En conjunto, D2.2 establece el vínculo entre los datos disponibles en los emplazamientos piloto, la información necesaria para implementar los casos de uso, los actores implicados en los servicios de flexibilidad y los mecanismos de interoperabilidad e integración de sistemas abordados en el WP3.

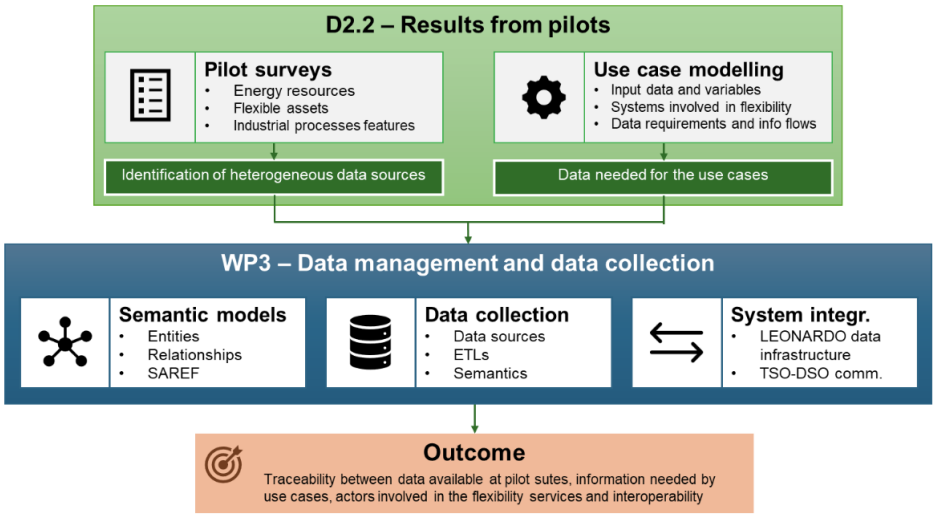


FIGURA 4: VISIÓN GENERAL DE LAS RELACIONES ENTRE LOS RESULTADOS DE D2.2 Y EL WP3

5.3 Utilización de los resultados en el WP4 – Algoritmos y servicios

Esta sección describe cómo los casos de uso especificados y los requisitos asociados de los pilotos proporcionan información de entrada para el desarrollo de algoritmos y servicios en el WP4. Los estudios de los pilotos y los resultados del modelado de casos de uso aportan información relevante para adaptar los algoritmos y soluciones desarrollados dentro del WP4 a las características y objetivos específicos de los clústeres piloto de LEONARDO.

En primer lugar, el contexto de mercado y del sistema de los casos de uso, en particular los mercados objetivo y los mecanismos de flexibilidad, sirve de apoyo para identificar los precios de mercado relevantes que deberán preverse en la Tarea 4.2. Además, las reglas de mercado asociadas a los mercados seleccionados proporcionan el contexto específico de cada piloto necesario para definir las restricciones de mercado adecuadas dentro de los modelos de optimización a corto y largo plazo desarrollados en las Tareas 4.3 y 4.4, respectivamente.

En segundo lugar, las tecnologías de generación y almacenamiento in situ identificadas en cada emplazamiento piloto mediante los estudios de los pilotos permiten identificar las tecnologías RES para las que son necesarias previsiones de generación específicas de cada piloto dentro de la Tarea 4.1.

Finalmente, los activos y procesos industriales flexibles identificados en los distintos pilotos se asignan a las correspondientes categorías de arquetipos de flexibilidad. Esta clasificación se utilizará para formular las restricciones operativas matemáticas de los respectivos arquetipos de flexibilidad dentro de la Tarea 4.1, que posteriormente se proporcionarán como entradas a los modelos de optimización de las Tareas 4.3 y 4.4.

5.4 Utilización de los resultados en el WP5 – Preparación de los pilotos, integración, pruebas y evaluación del rendimiento

Los resultados de D2.2 proporcionan una base directa para la preparación, configuración, pruebas, monitorización y evaluación de los tres pilotos de LEONARDO dentro del WP5. Los inventarios de los pilotos definen la infraestructura y los recursos de flexibilidad disponibles, los casos de uso especifican las aplicaciones que deben implementarse o evaluarse y el marco de KPI establece los correspondientes requisitos de monitorización y evaluación.

En la T5.1, los resultados de los estudios de los pilotos servirán de apoyo para preparar los emplazamientos piloto individuales. Los sistemas de monitorización, interfaces, activos flexibles y disponibilidad de datos identificados se utilizarán para evaluar la necesidad de sensores, actuadores, gateways, plataformas, protocolos u otras adaptaciones adicionales. Los requisitos de monitorización de los KPI orientarán la recopilación de datos de referencia y el desarrollo de perfiles de consumo industrial previos a LEONARDO. Estas líneas de referencia proporcionarán la base para la posterior evaluación de los resultados de los pilotos.

En la T5.2, la hoja de ruta de integración desarrollada en la T2.5 se utilizará para combinar los componentes de iFAAP desarrollados en los WP3 y WP4 en un prototipo común. Las características de los pilotos y los flujos de trabajo de los casos de uso definidos en D2.2 servirán de apoyo para configurar las combinaciones de componentes necesarias y su interacción con los EMS industriales, las interfaces de mercado y los sistemas de monitorización existentes.

La T5.2 también realizará pruebas previas a los pilotos a pequeña escala, utilizando datos sintéticos o de prueba cuando resulte adecuado, con el fin de verificar la orquestación y el funcionamiento del prototipo integrado bajo diferentes condiciones operativas y posibles fallos del sistema. La estructura modular de iFAAP permitirá preparar instancias específicas para cada piloto antes de su despliegue en la T5.3.

En la T5.3, los casos de uso proporcionarán la base para la configuración, despliegue y prueba específicos de cada piloto de los componentes relevantes de LEONARDO. Los sistemas, datos de entrada, lógica operativa y restricciones descritos en D2.2 servirán de guía para implementar los correspondientes escenarios.

En función del nivel de madurez y del alcance de cada caso de uso, las actividades podrán incluir pruebas operativas, simulación o evaluación basada en escenarios. Los KPI y parámetros de monitorización asociados se utilizarán para realizar el seguimiento de la implementación y documentar los efectos técnicos, operativos, económicos y relacionados con el sistema resultantes.

En la T5.4, los resultados de monitorización obtenidos en la T5.3 se compararán con las líneas de referencia establecidas en la T5.1 y se evaluarán frente al marco de KPI definido en D2.2. La evaluación abarcará la línea de referencia previa a LEONARDO, el rendimiento posterior al despliegue de los componentes iFAAP correspondientes y los parámetros necesarios para evaluar impactos a más largo plazo.

Los resultados de los KPI contribuirán a la evaluación tecnoeconómica, la evaluación medioambiental y el análisis de escalabilidad y replicabilidad previstos en la T5.4. Mediante esta secuencia, D2.2 conecta la caracterización inicial de los emplazamientos piloto con la integración técnica, la

implementación específica de cada piloto y la evaluación final del rendimiento de las soluciones de LEONARDO.

Conclusiones

Este entregable consolida los resultados de los estudios de los pilotos, el modelado de casos de uso específicos de cada piloto y el desarrollo de KPI realizados en las T2.3 y T2.4. Proporciona una descripción estructurada de los tres pilotos de LEONARDO, sus procesos industriales y sistemas energéticos, los recursos de flexibilidad disponibles y las condiciones técnicas y operativas que afectan a su utilización.

Los resultados de los estudios muestran configuraciones de flexibilidad sustancialmente diferentes entre los pilotos. El piloto italiano integra cargas industriales distribuidas, generación, almacenamiento de energía, hidrógeno y recursos de movilidad eléctrica dentro de un área local de distribución. El piloto austriaco integra flexibilidad basada en procesos en dos emplazamientos de la industria alimentaria, incluidos procesos de molienda y producción, refrigeración y almacenamiento frigorífico, complementados con generación fotovoltaica in situ y almacenamiento en baterías. El piloto búlgaro-griego integra grandes procesos industriales intensivos en consumo eléctrico, con potencial para la agregación de flexibilidad tanto a nivel nacional como transfronterizo.

A partir de estas características, se definieron ocho casos de uso específicos de los pilotos. Estos abarcan la agregación y coordinación de recursos distribuidos, la respuesta flexible a los precios del mercado diario, la participación en mecanismos nacionales de balance, posibles futuros mecanismos de flexibilidad a nivel de distribución y la coordinación nacional, multinivel y transfronteriza de la flexibilidad industrial.

Los casos de uso reflejan distintos niveles de madurez técnica y de mercado y, por tanto, combinan enfoques operativos, analíticos, simulados y basados en escenarios.

El marco de KPI vincula cada caso de uso con indicadores que reflejan sus objetivos y resultados esperados. Los KPI seleccionados cubren el rendimiento de la flexibilidad y el rendimiento operativo, los impactos sobre la red y el sistema, los efectos económicos, la adecuación de la flexibilidad, la eficiencia energética, los impactos medioambientales y la inversión.

Estos indicadores proporcionan la base para definir líneas de referencia y requisitos de monitorización, realizar el seguimiento de la implementación de los casos de uso y evaluar los resultados obtenidos o basados en escenarios durante las posteriores actividades de los pilotos.

Los resultados de D2.2 proporcionan información específica de los pilotos para los requisitos técnicos de iFAAP y el modelo de arquitectura de la T2.5, las actividades de gestión de datos e interoperabilidad del WP3 y los servicios de previsión y optimización del WP4.

También servirán de apoyo para la preparación de los pilotos y la monitorización de referencia en la T5.1, la integración y el prototipado de iFAAP en la T5.2, el despliegue y la monitorización específicos de los pilotos en la T5.3 y la evaluación integral del rendimiento en la T5.4.

En conjunto, D2.2 establece una base común y trazable para trasladar los distintos recursos de flexibilidad industrial de los tres pilotos a casos de uso definidos, indicadores de rendimiento medibles y posteriores actividades técnicas y de piloto dentro de LEONARDO.

LEONARDO

Projektnummer: 101215528

Projektkürzel: LEONARDO

D2.2 – Pilotspezifische UCs und Leistung Definition des Bewertungsrahmens

Datum: 29.10.2026

Autor: Andrea Moser

Dieses Projekt wurde im Rahmen des LIFE-Programms der Europäischen Union unter der Fördervereinbarung Nr. 101215528 finanziell unterstützt.

Vertragliche Details des Projekts

Projekttitel	Bereitstellung flexibler Dienstleistungen durch aggregierte industrielle Prosumenten
Projektakronym	LEONARDO
Fördervereinbarungsnummer	101215528
Projektstartdatum	1. September 2025
Projektende	31. August 2028
Laufzeit	36 Monate
Website	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Details zu den Leistungen

Anzahl	D2.2
Titel	Pilotspezifische UCs und Leistung Definition des Rahmens für die Leistungsbewertung
Arbeitspaket	WP2
Verbreitungsebene[1]	PU
Fälligkeitsdatum	31.08.2026
Einreichungsdatum	29.10.2026
Verantwortlicher für die Lieferung	EEE
Mitwirkende Autoren	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE), Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Dimitris Katsikas (Stomana), Grigoris Dimopoulos (Stomana), Michaela Papageorgiou (HelleniQ), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)
Gutachter	UPAT, STOMANA

[1] PU = Öffentlich
CO = Vertraulich, nur für Mitglieder des Konsortiums (einschließlich der Dienststellen der Kommission)

Abschließende Begutachtung und Qualitätsfreigabe	29.10.2026

DOKUMENTENHISTORIE

DATUM	VERSION	NAME	ÄNDERUNGEN
24.07.2026	0.1	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Inhaltsverzeichnis
11.09.2026	0,2	Bill Gialelis (UPAT), Gregory Protopsaltis (UPAT), Matteo Buffo (FBK), Matteo Varesco (FBK), Francesco Locatelli (FBK)	Einbindung der Arbeitspaketleiter und Beiträge aus den Pilotprojekten
18.09.2026	0,3	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Erster Entwurf
01.10.2026	1.0	Andrea Moser (EEE), Joachim Hacker (EEE)	Endgültige Fassung nach Begutachtung

Rechtliche Mitteilung

Copyright © 2025 LEONARDO Consortium Partners. Alle Rechte vorbehalten.

LEONARDO ist ein LIFE-Projekt, das von der Europäischen Kommission im Vertrag Nr. 101215528 unterstützt wird. Für weitere Informationen über das Projekt, seine Partner und seine Aktivitäten wenden Sie sich bitte an infoleonardo@fbk.eu. Es ist nicht gestattet, in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Eigentümers der Eigentumsrechte zu kopieren oder zu verbreiten.

Die geäußerten Meinungen und Ansichten sind jedoch ausschließlich die der Autoren und spiegeln nicht notwendigerweise die der Europäischen Union oder CINEA wider. Weder die Europäische Union noch die Erteilungsbehörde können dafür verantwortlich gemacht werden. Die Verantwortung für die darin geäußerten Informationen und Ansichten liegt vollständig beim Autor(en)

Zusammenfassung

Das Ergebnis D2.2 definiert die pilotspezifischen Anwendungsfälle und den entsprechenden Rahmen für die Leistungsbewertung für die drei LEONARDO-Pilotstandorte in Italien, Österreich und Bulgarien/Griechenland. Es fasst die Ergebnisse der in Aufgabe 2.3 durchgeführten Pilotbefragungen und der in Aufgabe 2.4 durchgeführten Aktivitäten zur Definition von Leistungskennzahlen (KPIs) zusammen.

Die Pilotumfragen zeigen erhebliche Unterschiede zwischen den drei Pilotstandorten hinsichtlich der Industriezweige, der Größenordnung, der verfügbaren Flexibilitätsressourcen, des Netz- und Marktkontexts, der Steuerungsinfrastruktur und der Datenverfügbarkeit. Das italienische Pilotprojekt kombiniert industrielle Lasten mit dezentraler Erzeugung, Speicherung, Wasserstoff- und Elektromobilitätsressourcen innerhalb eines lokalen Verteilungsgebiets. Das österreichische Pilotprojekt umfasst zwei Standorte der Lebensmittelindustrie, deren wichtigste Flexibilitätsressourcen Mühlen und andere Produktionslasten, Kühl- und Tiefkühlanlagen, PV-Erzeugung sowie Batteriespeicher umfassen. Das bulgarisch-griechische Pilotprojekt betrifft die stromintensive Stahlherstellung und Polypropylenproduktion, wobei die Flexibilität vorwiegend durch große industrielle Lasten bestimmt wird.

Acht pilotenspezifische Anwendungsfälle wurden anhand einer gemeinsamen Struktur modelliert. Das italienische Pilotprojekt befasst sich mit der Aggregation industrieller Flexibilität, der Teilnahme am nationalen Ausgleichsmarkt und dem Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes. Das österreichische Pilotprojekt untersucht die flexible Reaktion auf Day-Ahead-Preise sowie den potenziellen Einsatz industrieller Flexibilität in einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmarkt auf Verteilungsebene. Das bulgarisch-griechische Pilotprojekt bewertet die innerstaatliche Aggregation in Bulgarien sowie die grenzüberschreitende Aggregation zwischen den bulgarischen und griechischen Marktgebieten.

Das KPI-Rahmenwerk setzt die Ziele und erwarteten Ergebnisse der Anwendungsfälle in messbare Indikatoren um. Je nach Reifegrad und Umfang des jeweiligen Anwendungsfalls werden die KPIs anhand von Überwachungsdaten, Vergleichen mit Referenz- oder Business-as-usual-Betrieb sowie repräsentativen Szenarien bewertet. Die Indikatoren umfassen Flexibilität und Betriebsleistung, Auswirkungen auf Netz und System, wirtschaftliche Effekte, Eignung der Flexibilität, Energieeffizienz, Umweltauswirkungen und Investitionen.

Die daraus resultierenden Pilotprofile, Anwendungsfall-Spezifikationen und KPI-Repositorien bilden eine gemeinsame Grundlage für die Definition der technischen Anforderungen und der iFAAP-Architektur in Aufgabe 2.5, die Aktivitäten zum Datenmanagement und zur Interoperabilität in Arbeitspaket 3, die Entwicklung von Prognose- und Optimierungsdiensten in Arbeitspaket 4 sowie die Aktivitäten zur Pilotvorbereitung, Integration, Prototypenerstellung, Erprobung, Überwachung und Leistungsbewertung in Arbeitspaket 5.

Abkürzungen

ARERA – Italienische Regulierungsbehörde für Energie, Netze und Umwelt
BESS – Batterie-Energiespeichersystem
BRP – Bilanzverantwortlicher
BSP – Anbieter von Ausgleichsdiensten
COP – Leistungskoeffizient
DAM – Day-Ahead-Markt
DER – Dezentrale Energiequelle
DSF – Flexibilität auf der Nachfrageseite
DSO – Verteilernetzbetreiber
EAF – Lichtbogenofen
EMS – Energiemanagementsystem
ESCO – Energiedienstleistungsunternehmen
ETL – Extrahieren, Transformieren, Laden
FOET – Tonne Heizöläquivalent
HVAC – Heizung, Lüftung und Klimatisierung
iFAAP – Plattform zur Aktivierung und Aggregation industrieller Flexibilität
KPI – Leistungskennzahl
LF – Pfannenofen
LFM – Lokaler Flexibilitätsmarkt
MASE – Italienisches Ministerium für Umwelt und Energiesicherheit
MLF – Markt für lokale Flexibilität
MSD – Markt für Dispatching-Dienstleistungen
PS – Pilotstandort
RES – Erneuerbare Energiequellen
SAREF – Referenzontologie für intelligente Anwendungen
SCADA – Überwachungssteuerung und Datenerfassung
SGAM – Smart-Grid-Architekturmodell
SOC – Ladezustand
TSO – Übertragungsnetzbetreiber
UC – Anwendungsfall
UVA – „Unità Virtuale Abilitata“
UVAM – Gemischte aktivierte virtuelle Einheit

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 7
1 EINLEITUNG 9
1.1 Zweck und Umfang des Arbeitsergebnisses 9
1.2 Beitrag zu den Zielen und Meilensteinen von WP2 9
1.3 Bezug zu anderen LEONARDO-Aufgaben und Arbeitspaketen 9
1.4 Aufbau des Arbeitsergebnisses 10
2 Pilotuntersuchung und Charakterisierung der Pilotstandorte 11
2.1 Ansatz, Umfang und Struktur der Pilotuntersuchung 11
2.2 Ergebnisse der Pilotuntersuchung 11
2.2.1 Pilotstandort Nr. 1: Ergebnisse der Erhebung – italienischer Pilotstandort 11
2.2.2 Pilotstandort Nr. 2: Umfrageergebnisse zum österreichischen Pilotprojekt 21
2.2.3 Pilotstandort Nr. 3: Umfrageergebnisse zum bulgarisch-griechischen Pilotprojekt 26
2.3 Zusammengefasste Profile der Pilotstandorte und Bestandsaufnahme der Flexibilität 32
3 Pilotspezifische Modellierung von Anwendungsfällen 34
3.1 Ansatz und Struktur der Anwendungsfallmodellierung 34
3.2 Ergebnisse der Anwendungsfallmodellierung nach Pilotstandort 35
3.2.1 Pilotstandort Nr. 1: Italienisches Pilotprojekt 35
3.2.1.1 UC-IT-01 – Aggregierte Flexibilität aus dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen 37
3.2.1.2 UC-IT-02 – Betrieb im nationalen Ausgleichsmarkt 41
3.2.1.3 UC-IT-03 – Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Netzmanagement des Verteilernetzbetreibers 45
3.2.2 Pilotstandort Nr. 2: Österreichisches Pilotprojekt 50
3.2.2.1 UC-AT-01 – Untersuchung verschiedener Strategien zur Teilnahme am Energiemarkt in Österreich 52
3.2.2.2 UC-AT-02 – Gestaltung des Flexibilitätsmarktes auf Verteilungsebene 56
3.2.2.3 UC-AT-03 – Koordination der Flexibilität auf mehreren Ebenen 61
3.2.3 Pilotstandort Nr. 3: Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt 65
3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Aggregierte industrielle Flexibilität innerhalb der bulgarischen Grenzen 68
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Aggregierte grenzüberschreitende industrielle Flexibilität zwischen Bulgarien und Griechenland 74
3.3 Konsolidiertes Anwendungsfallregister 80
4 Leistungsbewertung und KPI-Rahmenwerk 83
4.1 Bewertungsansatz und Struktur des Rahmens 83

4.2 KPI-Repository und Überwachungsparameter 83
4.2.1 Pilotstandort Nr. 1: Italienisches Pilotprojekt 83
4.2.2 Pilotstandort Nr. 2: Österreichisches Pilotprojekt 88
4.2.3 Pilotstandort Nr. 3: Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt 90
4.3 Rahmenwerk zur konsolidierten Leistungsbewertung 93
5 Rückverfolgbarkeit und Verwendung der Ergebnisse aus D2.2 96
5.1 Nutzung der Ergebnisse in T2.5 – Technische Anforderungen und Architekturentwurf 96
5.2 Nutzung der Ergebnisse in WP3 – Datenmanagement und Datenerfassung 97
5.3 Nutzung der Ergebnisse in WP4 – Algorithmen und Dienste 98
5.4 Nutzung der Ergebnisse in WP5 – Einrichtung des Pilotprojekts, Integration, Tests und Leistungsbewertung 98
Schlussfolgerungen 100

1 EINLEITUNG

Das Ergebnis D2.2 – Definition pilotenspezifischer Anwendungsfälle und eines Rahmens zur Leistungsbewertung – präsentiert die Ergebnisse der Aufgabe 2.3 – Pilotumfragen und Anwendungsfallszenarien – sowie der Aufgabe 2.4 – Formulierung des Bewertungsrahmens und der KPIs.

Das Ergebnis bündelt die im Rahmen von LEONARDO gesammelten pilotenspezifischen Informationen, die Modellierung der entsprechenden Anwendungsfälle (UCs) sowie die Definition des zugehörigen Rahmens zur Leistungsbewertung. Damit bietet es eine gemeinsame Grundlage für die Beschreibung der einzelnen Pilotstandorte, der im Projekt zu behandelnden Flexibilitätsszenarien und der Indikatoren, die für deren anschließende Bewertung herangezogen werden sollen.

1.1 Zweck und Umfang des Arbeitsergebnisses

Der Zweck dieses Arbeitsergebnisses besteht darin, eine harmonisierte Darstellung der im Rahmen der Aufgaben 2.3 und 2.4 an den drei LEONARDO-Pilotstandorten erzielten Ergebnisse zu liefern.

Das Dokument umfasst drei Hauptelemente: die Charakterisierung der Pilotstandorte und ihres Flexibilitätspotenzials, die detaillierte Modellierung der standortspezifischen Anwendungsfälle sowie die Definition der entsprechenden standort- und anwendungsfallspezifischen Leistungskennzahlen (KPIs) und des Überwachungsrahmens.

Zusammen bilden diese Elemente den für D2.2 vorgesehenen pilot-spezifischen Anwendungsfall- und Leistungsbewertungsrahmen.

1.2 Beitrag zu den Zielen und Meilensteinen von WP2

WP2 – *„Definition der Grundlagen für die Bereitstellung industrieller, auf Flexibilität basierender Marktdienstleistungen unter Nutzung von EMS-Innovationen“* – legt die Grundlage für die nachfolgenden Entwicklungs-, Umsetzungs- und Bewertungsaktivitäten im Rahmen von LEONARDO fest. Zu seinen Zielen gehören die Definition pilotstandortspezifischer Anwendungsfallszenarien und Dienstleistungen sowie die Entwicklung eines Überwachungs- und Bewertungsrahmens, zusammen mit den weiteren technischen, geschäftlichen, regulatorischen und architektonischen Grundlagen des Projekts.

Innerhalb dieses Gesamtumfangs konsolidiert D2.2 die Ergebnisse der Aufgaben 2.3 und 2.4, indem es die pilotspezifischen Anwendungsfalldefinitionen und den entsprechenden Rahmen für die Leistungsbewertung bereitstellt. Diese Ergebnisse tragen direkt zu Meilenstein 2 – *„Bewertungsrahmen und Pilotumfragen verfügbar“* bei, für den D2.2 das festgelegte Mittel zur Verifizierung darstellt.

1.3 Bezug zu anderen LEONARDO-Aufgaben und Arbeitspaketen

Innerhalb von WP2 liefern die in Aufgabe 2.3 entwickelten Informationen zu den Pilotstandorten und Anwendungsfalldefinitionen Input für Aufgabe 2.5 – „Technische Anforderungen und Architekturentwürfe“, in der die LEONARDO-iFAAP-Architektur und die Integrations-Roadmap weiter definiert werden.

Die Ergebnisse der Aufgaben 2.3 und 2.4 liefern zudem Input für die nachfolgenden technischen Entwicklungen in WP3 und WP4. Darüber hinaus unterstützen die Ergebnisse der Pilotumfrage und

der Anwendungsfälle die Vorbereitungs- und Testaktivitäten an den Pilotstandorten in den Aufgaben 5.1 und 5.3, während das in Aufgabe 2.4 entwickelte Rahmenwerk zur Leistungsbewertung die Festlegung von Basiswerten, das Testen und die anschließende Leistungsbewertung in den Aufgaben 5.1, 5.3 und 5.4 unterstützt.

Die Rückverfolgbarkeit zwischen den Ergebnissen von D2.2 und ihrer Verwendung in nachfolgenden LEONARDO-Aktivitäten wird in Kapitel 5 näher beschrieben.

1.4 Aufbau des Arbeitsergebnisses

Das Ergebnis ist in fünf Hauptkapitel gegliedert:

Kapitel 1 stellt den Zweck und den Umfang von D2.2, seinen Beitrag zu WP2 sowie seine Beziehung zu nachfolgenden LEONARDO-Aufgaben und Arbeitspaketen vor.

Kapitel 2 stellt den Ansatz der Pilotumfrage und die daraus resultierende Charakterisierung der drei LEONARDO-Pilotstandorte vor.

Kapitel 3 stellt den pilotspezifischen Ansatz zur Modellierung von Anwendungsfällen und die daraus resultierenden Anwendungsfall-Spezifikationen vor.

Kapitel 4 stellt die Leistungsbewertung und das KPI-Rahmenwerk vor, einschließlich der pilot- und anwendungsfallspezifischen KPIs sowie der entsprechenden Überwachungsparameter.

Kapitel 5 stellt die Verknüpfung zwischen den Merkmalen der Pilotstandorte, den Anwendungsfällen und den KPIs her und beschreibt, wie die Ergebnisse von D2.2 in nachfolgende LEONARDO-Aktivitäten einfließen.

2 Pilotumfrage und Charakterisierung der Pilotstandorte

Dieses Kapitel stellt den Ansatz und die Ergebnisse der im Rahmen von Aufgabe 2.3 durchgeführten Pilotstandort-Erhebungen vor. Die Erhebungen bilden eine gemeinsame Grundlage für die Charakterisierung der drei LEONARDO-Pilotstandorte und der beteiligten Industrieanlagen, wobei der Schwerpunkt insbesondere auf deren Energiesituation, den vorhandenen Energietechnologien und Industrieanlagen, den verfügbaren Flexibilitätsressourcen, der Datenverfügbarkeit und den relevanten Betriebsbedingungen liegt. Die daraus gewonnenen Informationen werden in den folgenden Abschnitten zu harmonisierten Pilotstandortprofilen zusammengefasst.

2.1 Ansatz, Umfang und Struktur der Pilotuntersuchung

Es wurde eine gemeinsame Vorlage für die Pilotstandorterhebungen entwickelt, um die Basisdaten der drei LEONARDO-Pilotstandorte einheitlich zu erfassen und zu strukturieren. Die Vorlage wurde so konzipiert, dass sie einen ausreichend umfassenden Überblick über die aktuelle Situation an den teilnehmenden Industriestandorten bietet und gleichzeitig sicherstellt, dass die gesammelten Informationen für die Identifizierung und weitere Bewertung der industriellen Flexibilität unmittelbar relevant sind.

Die Erhebung umfasst drei Hauptinformationsbereiche. Der erste Teil erfasst grundlegende Informationen zu den Pilotstandorten, darunter Energieverbrauch, Spitzenlast und Lastprofilmerkmale, Netzanschluss sowie relevante Steuerungsbedingungen. Der zweite Teil identifiziert vorhandene Erzeugungs- und Speichertechnologien vor Ort und dokumentiert deren Hauptmerkmale, die Datenverfügbarkeit sowie die potenzielle Relevanz für LEONARDO. Der dritte Teil konzentriert sich auf flexible industrielle Anlagen und Prozesse, einschließlich ihrer energetischen Merkmale, der Flexibilitätsklassifizierung, der verfügbaren Daten und Schnittstellen, der Datenaufschlüsselung sowie relevanter betrieblicher oder prozessbezogener Einschränkungen.

Um eine einheitliche Beschreibung der verschiedenen Flexibilitätsressourcen über alle Pilotstandorte hinweg zu gewährleisten, wendet die Vorlage zudem eine gemeinsame Flexibilitätsklassifizierung an, die relevante Informationen für die Entwicklungen in WP4 liefert.

Die Vorlage für die Pilotstandort-Umfrage wurde für jeden Pilotstandort ausgefüllt, und die übermittelten Informationen wurden überprüft und harmonisiert, um eine einheitliche Darstellung über die drei Pilotstandorte hinweg zu gewährleisten. Die konsolidierten Umfrageergebnisse werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

2.2 Ergebnisse der Pilotumfrage

In diesem Abschnitt werden die für jeden Pilotstandort gesammelten Informationen vorgestellt. Die Ergebnisse liefern eine sachliche Beschreibung der einzelnen Pilotkonfigurationen, einschließlich der Energieeigenschaften, der vorhandenen Infrastruktur, der Erzeugung und Speicherung vor Ort, der industriellen Anlagen und Prozesse, der verfügbaren Flexibilität sowie der relevanten Betriebsbedingungen.

2.2.1 Pilotstandort Nr. 1: Umfrageergebnisse des italienischen Pilot

Überblick über das Pilotprojekt und die beteiligten Industriestandorte

Der italienische Pilotstandort umfasst das Gebiet der Gemeinde Storo (TN), das vom lokalen Verteilernetzbetreiber CEDIS versorgt wird. CEDIS ist eine traditionsreiche

Wasserkraftgenossenschaft und unterliegt einem einzigartigen Rechtsrahmen, der es diesen Genossenschaften ermöglicht, innerhalb ihres Gebiets sowohl als Erzeuger als auch als Netzbetreiber zu agieren. CEDIS ist tatsächlich in zwei Einheiten unterteilt: Zum einen den Netzbetreiber und zum anderen die Energiegenossenschaft mit über 3.500 Mitgliedern, bestehend aus Bürgern und lokalen Unternehmen, die von niedrigeren Strompreisen und einem zu 100 % erneuerbaren Energieverbrauch profitieren. Die Energiegenossenschaft besitzt und betreibt 6 Wasserkraftwerke und 12 Photovoltaikanlagen mit einer erneuerbaren Erzeugungskapazität von etwa 25 GWh/Jahr. Das Ziel, die lokale industrielle Flexibilität zu erschließen, besteht darin, den lokalen Verbrauch der aus erneuerbaren Energiequellen erzeugten Energie zu maximieren und den Import aus dem nationalen Netz zu minimieren, während gleichzeitig das Netzmanagement verbessert und Engpassprobleme verringert werden. In der folgenden Abbildung ist das CEDIS-Gebiet mit Mittelspannungsleitungen, Mittel- und Niederspannungsstationen sowie Wasserkraft- und Photovoltaikanlagen dargestellt.

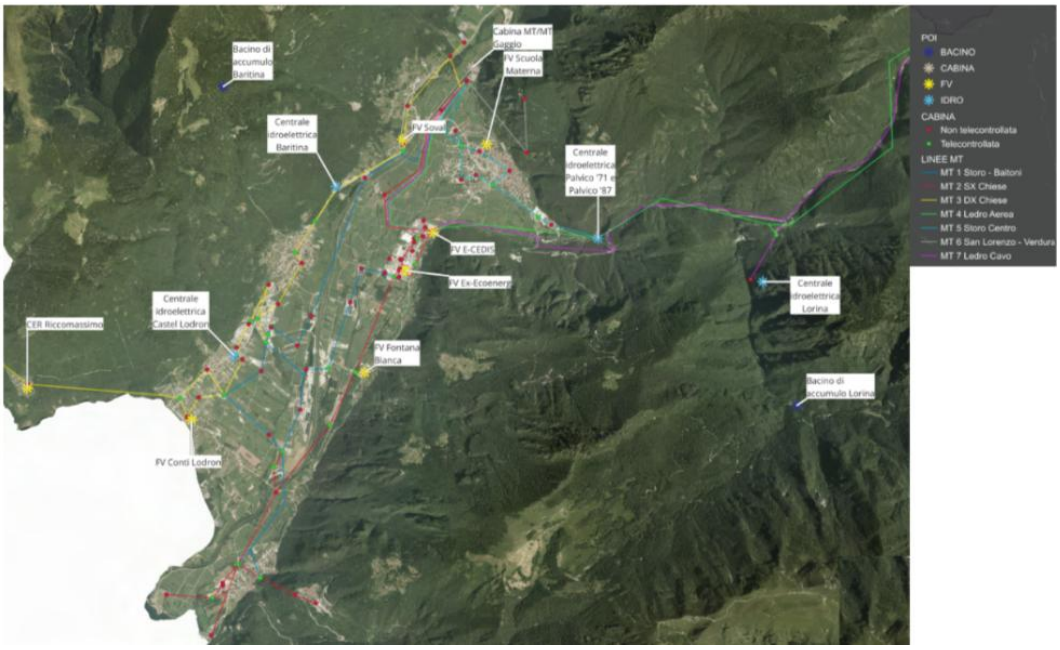


ABBILDUNG1 : PILOTPROJEKT NR. 1 – LAGE DES CEDIS-GEBIETS

Was die an den Flexibilitätsversuchen beteiligten Industriepartner betrifft, so gibt es drei wichtige Akteure, die sich alle im selben Industriegebiet innerhalb der Gemeinde befinden:

- **Innova (+ Katana)**: Großer industrieller Hersteller von Wärmepumpen mit mehreren Produktionslinien für Komponenten, Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen aller Innenräume, elektrischen Gabelstaplern und Ladestationen für Elektrofahrzeuge sowie Kompressoren und Lackierprozessen (gasbefeuert).
- **Poncial**: Eisen- und Stahlunternehmen, spezialisiert auf Warmschmieden und Pressen, mit drei Stahlpresslinien und einer Abschrecklinie.
- **Polytec Energy**: Systemintegrator und Ingenieurbüro, spezialisiert auf industrielle Automatisierung und die Energiewende. Das Unternehmen entwickelt Software für Energiemanagementsysteme (EMS), Anlagen für erneuerbare Energien sowie Robotersysteme, die speziell auf die Schwerindustrie, das verarbeitende Gewerbe und die Logistik zugeschnitten sind. Der lokale Standort beteiligt sich an der Flexibilitätsaktivierung

mit einem neuen 1-MW-Elektrolyseur und zwei Batteriespeichersystemen, unterstützt durch eine konsistente lokale PV-Erzeugung.

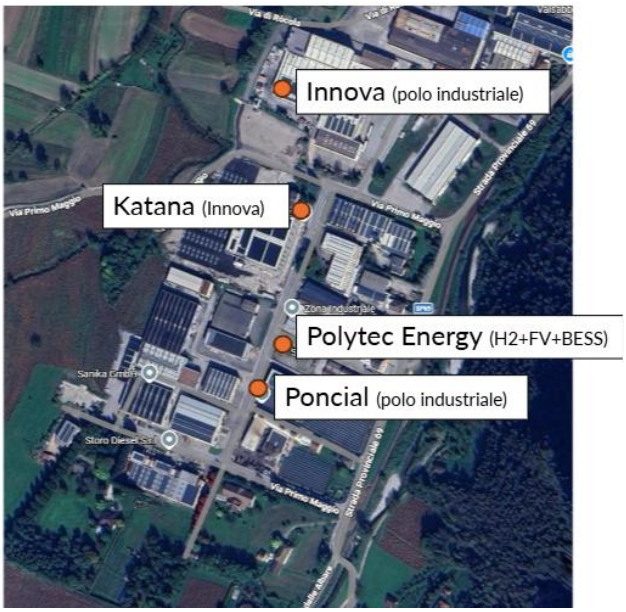


ABBILDUNG2 : PILOTPROJEKT NR. 1 – INDUSTRIEPARTNER UND WICHTIGSTE INTERESSENGRUPPEN

Im Rahmen der Aktivitäten von WP2 wurde eine Bestandsaufnahme der Ressourcen jedes Akteurs durchgeführt, mit dem Ziel, technische Daten wie Kapazitäten, Produktions-/Verbrauchswerte und -muster zu erfassen und diese nach Archetypen zu kategorisieren, d. h. zu ermitteln, ob und welche Art von Flexibilitätsdienstleistungen bzw. -regelungen angeboten werden können. Die Ergebnisse dieser Bestandsaufnahme werden in den folgenden Unterabschnitten dargestellt.

Grunddaten zum Pilotprojekt

Da der Pilotstandort aus vier unterschiedlichen, aber miteinander verbundenen Akteuren besteht, werden im Folgenden die allgemeinen Energiestatistiken für jeden einzelnen von ihnen aufgeführt.

Es gibt zwei Möglichkeiten, wie CEDIS tatsächlich zur Flexibilität in seinem eigenen Netz beitragen kann: Erstens als Erzeuger durch die Regulierung seiner Wasserkraftproduktion, da zwei Kraftwerke über ein Wasserreservoir verfügen und somit ihre Leistung modulieren können, und zweitens als Netzbetreiber durch die Aktivierung eines lokalen Flexibilitätsmarktes, was als vollständig offener Markt oder durch bilaterale Flexibilitätsvereinbarungen mit Großverbrauchern wie Innova erfolgen kann.

Dennoch ist es von grundlegender Bedeutung, einen angemessenen Überblick über das gesamte System des Pilotgebiets mit seinen geografischen Besonderheiten und Netzbeschränkungen zu haben. Innerhalb des CEDIS-Netzes folgt ein typischer Verbrauchs-Tag dem bekannten „Entenprofil", wobei die Spitzenverbrauchszeiten früh am Morgen und am späten Nachmittag bzw. frühen Abend auftreten. In jedem Fall lässt sich die Gesamtlastvariabilität als „hoch" bezeichnen, wobei zu berücksichtigen ist, dass der Gesamtverbrauch im Netz einem bestimmten Muster folgt, das bis zu einem gewissen Grad prognostiziert werden kann. Derzeit wird ein vollständiges EMS-System entwickelt und implementiert, das das gesamte Verteilungsnetz überwacht und planmäßig noch vor Ende 2026 in Betrieb genommen werden soll. Das gesamte Netz ist über eine 15-MW-

Umspannstation mit einem gleich großen Reserve-Transformator an das nationale Netz angeschlossen. Selbstverständlich hängen seine Betriebsgrenzen eng mit der Deckung des Bedarfs der Nutzer zusammen.

TABELLE1 : PILOTPROJEKT NR. 1 – GRUNDDATEN DES VERTEILUNGSNETZES

Verbrauch [MWh/a]	Spitzenlast [MW]	Zeitpunkt der Spitzenlast	Lastschwankungen	Anschlussleistung [MW]	EMS verfügbar
28 413	7.177	Tag	Höchstwert	15	Bald

Was die gewerblichen Nutzer betrifft, weist jede der drei Branchen ihre eigenen Besonderheiten auf. Die Produktionslinien von **Innova** arbeiten in zwei Schichten (6–14 Uhr und 14–22 Uhr), wobei der Spitzenbedarf morgens zwischen 9 und 10 Uhr liegt und in der zweiten Schicht, in der nicht alle Produktionslinien in Betrieb sind, konstant bleibt und etwas geringer ausfällt. Die Spitzenlast lässt sich als das Doppelte der Grundlast beziffern, das Verbrauchsverhalten ist jedoch über das ganze Jahr hinweg gleichmäßig. Zwar besteht bei bestimmten Lasten ein gewisser Spielraum, doch sind die Hauptproduktionslinien darauf beschränkt, während der geplanten Schichten zu laufen. In der ersten Hälfte des Jahres 2026 installierte Innova eine große Anzahl von EMS-vernetzten intelligenten Zählern, um den Verbrauch in den verschiedenen Produktionslinien und Gebäuden/Büros besser zu überwachen, einschließlich des Verbrauchs von Wärmepumpen für die Klimatechnik. Dies ermöglicht eine bessere Echtzeitüberwachung aller industriellen Prozesse, sodass bei Bedarf Effizienzmaßnahmen ergriffen werden können – mit dem Ziel, den Verbrauch künftig an die Marktpreisprognosen anzupassen und den Betrieb zu optimieren.

Poncial wird über drei verschiedene Mittelspannungsanschlusspunkte versorgt. Der Spitzenverbrauch, aus Sicht des Netzes betrachtet (also ohne Eigenverbrauch von PV-Energie), beträgt 1.250 kW und tritt während der Arbeitszeiten (6:00–18:00 Uhr) auf. Die Netzentnahme weist jedoch eine hohe Schwankungsbreite auf, mit Tagen, an denen die Spitzenlast etwa 50 % der jährlichen Spitzenlast beträgt, und Schwankungen während der Arbeitszeiten von 200–300 kW. Die jährliche Entnahme aus dem Netz betrug im Jahr 2025 3.151 MWh.

Polytec hingegen ist kein typischer Industriebetrieb mit einem stabilen Profil und konstanter Produktionsleistung. Ausgehend von der Tatsache, dass der Betrieb noch aufgenommen werden muss, wird die gesamte Last allein aus einem Elektrolyseur bestehen. Das Lastprofil des Standorts wird zunächst von einem einzigen Elektrolyseur dominiert, dessen Produktion sowohl dem Wasserstoffbedarf (noch zu bestätigen) als auch insbesondere der Produktion der PV-Anlagen von Polytec folgen wird. Die Schwankungen der Last werden daher maximal sein. Es wird erwartet, dass das Lastprofil sehr hohe Schwankungen aufweist, die über die gesamte Kapazität des Elektrolyseurs reichen. Da es sich um eine brandneue Anlage handelt, ist das gesamte H2-BESS-PV-System – das integrierte System aus Wasserstoff, Batteriespeicher und Photovoltaik – mit einem EMS ausgestattet, das eine Echtzeitüberwachung und Feinregelung ermöglicht, auch entsprechend den Strompreisen am Netz und potenziellen Handelsinitiativen. In der folgenden Tabelle wird die Verfügbarkeit des EMS mit „In Kürze“ gekennzeichnet, da die gesamte Anlage derzeit fertiggestellt wird, aber noch nicht in Betrieb ist.

TABELLE2 : PILOTPROJEKT NR. 1 – GRUNDDATEN INDUSTRIEANLAGEN

	Verbrauch [MWh/a]	Spitzenlast [MW]	Zeitpunkt der Spitzenlast	Lastvariabilität	Anschlussleistung [MW]	EMS verfügbar
Innova	1 155	0,3	Tag	Hoch	MV 1,08	JA
Poncial	3 151	1.292	Tag	Hoch	MV 1,44	Bald
Polytec	4 731	1	Tag	Hoch	MV 1,2	Bald

Technologien zur Stromerzeugung und -speicherung vor Ort

Im Bereich der Technologien zur Erzeugung vor Ort verfügt CEDIS über ein umfangreiches Portfolio an Anlagen, darunter Photovoltaikanlagen (insgesamt 2,146 MW), Laufwasserkraftwerke (insgesamt 3,816 MW) und Wasserkraftwerke in Verbindung mit einem Speicher (insgesamt 1,35 MW mit einem Speicher von 4,4 MWh). Darüber hinaus besitzt und betreibt CEDIS PV-Anlagen (insgesamt 1,503 MW) und ein Laufwasserkraftwerk (0,88 MW) außerhalb des eigenen Netzes und rechnet deren Erzeugung über Handelsmechanismen ab.

Bei Innova sind zwei dachmontierte PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1 MW in Betrieb, deren historische Daten und das Energiemanagementsystem (EMS) vernetzt und zugänglich sind. Im Bereich der Speichertechnologien verfügt Innova über einen groß angelegten thermischen Speichertank, der über eine Wärmepumpe geladen wird und eine thermische Speicherkapazität von 3,5 MWh aufweist (bei einem COP von 3 entspricht dies etwa 1,15 elektrischen MWh).

Poncial verfügt seinerseits über zwei dachmontierte PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 300 kW. Historische Smart-Metering-Daten sind nur teilweise verfügbar und nicht nach Anlagen aufgeschlüsselt, doch das Unternehmen installiert derzeit (September 2026) neue Smart Meter und führt ein neues EMS-System ein.

Polytec bringt ein komplexeres System in das Projekt ein, das in der folgenden Abbildung dargestellt ist. Vier PV-Anlagen, von denen zwei an Batteriespeicher gekoppelt sind. Darüber hinaus gibt es zwei weitere PV-Anlagen und einen BESS, die außerhalb des CEDIS-Netzes liegen und über Handelsmechanismen berücksichtigt werden. Insgesamt beträgt die netzgebundene PV-Leistung 3,527 MW, gekoppelt mit einer kumulierten Speicherkapazität von 5,08 MWh, wobei die Anlagen außerhalb des lokalen Netzes weitere 1,2 MW PV-Leistung und 1,075 MWh BESS-Kapazität beisteuern. Schließlich wird das System von Polytec auch über zwei Wasserstoffspeichertanks mit einer Gesamtkapazität von 190 kg H_2 verfügen. Es handelt sich hierbei um einen chemischen Speicher, der je nach verwendetem Umwandlungssystem zur Versorgung mit zusätzlicher Stromerzeugung in diesem Netzgebiet genutzt werden könnte (z. B. bei der Umwandlung mittels Brennstoffzelle 15/18 kWh/kg, bei der Umwandlung mittels Gasturbine 10–14 kWh/kg). Alle Komponenten des Polytec-Systems sind neu in Betrieb genommen worden, und der Datenzugriff sowie die Verfügbarkeit der Daten werden durch das EMS gewährleistet.

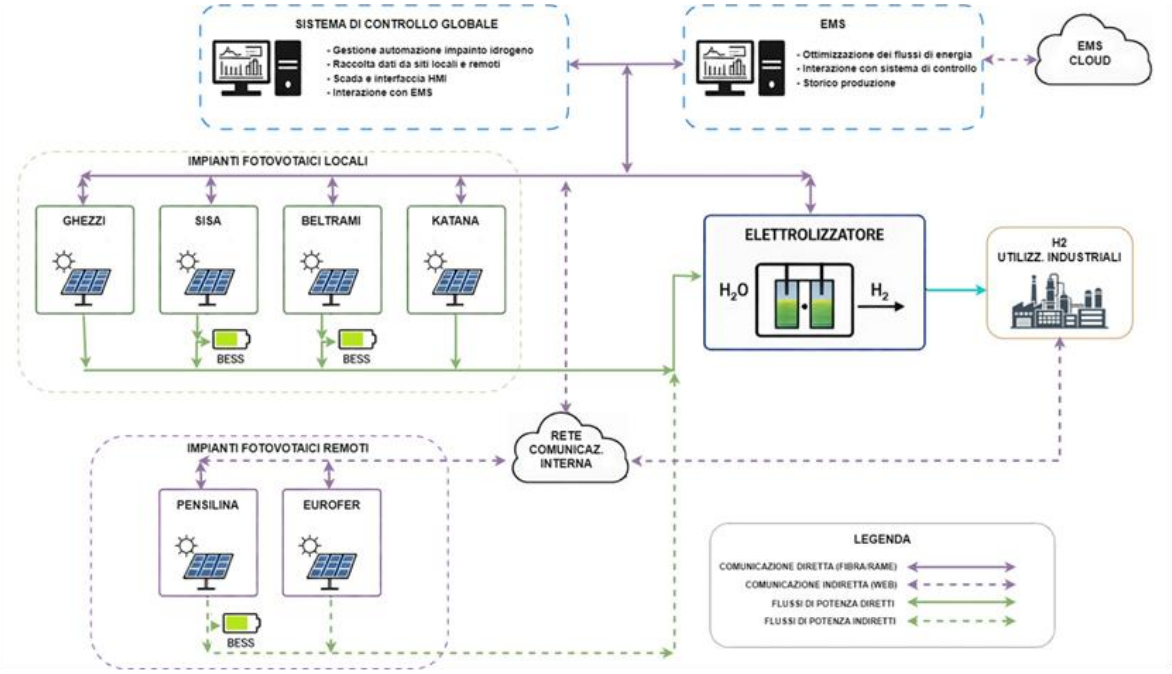


ABBILDUNG3 : PILOTPROJEKT NR. 1 – ÜBERBLICK ÜBER DAS POLYTEC-ENERGIESYSTEM

TABELLE3 : PILOTPROJEKT NR. 1 – TECHNOLOGIEN ZUR ERZEUGUNG UND SPEICHERUNG VOR ORT

Tech-ID	Technologie	Installierte Leistung	An LEONARDO beteiligt?	Flexibilitätsklassifizierung	Datenverfügbarkeit	Datenzugriff
1	CEDIS-PV-Netz	2,146 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
2	CEDIS PV-Fernüberwachung	1,503 MW	Nein	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
3	CEDIS Hydro RoR	3,816 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS

4	CEDIS Lorina-Pumpspeicherkraftwerk	1 MW 3,3 MWh	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – regelbare Erzeugung B – Implizite oder explizite Speicherung – Materielle Speicherpuffer	Ja	SCADA/EMS
5	CEDIS Baritina-Wasserspeicher	0,35 MW 1,1 MWh	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Regelbare Erzeugung B – Implizite oder explizite Speicherung – Materielle Speicherpuffer	Ja	SCADA/EMS
6	CEDIS Hydro RoR-Fernsteuerung	0,880 MW	Nein	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
7	Innova PV	0,43 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
8	Katana PV	0,56 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
9	Innova-Feuerlöschbehälter	3,5 MWhth	Ja	B – Implizite oder explizite Speicherung – Wärmespeicher	Ja	SCADA/EMS
10	Polytec-Netzgekoppelte PV-Anlage	3,527 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
11	Polytec-Netzintegriertes BESS	5,08 MWh	Ja	B – Implizite oder explizite Speicherung – Batteriespeicher	Ja	SCADA/EMS

12	Polytec-Fernsteuerung für PV-Anlagen	1,2 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Ja	SCADA/EMS
13	Polytec-Fernsteuerung BESS	1,075 MWh	Ja	B – Impliziter oder expliziter Speicher – Batterie-Energiespeicher	Ja	SCADA/EMS
14	Polytec H2-Speicher	190 kg H_2	Ja	B – Implizite oder explizite Speicherung – Materialpuffer	Ja	SCADA/EMS
15	Poncial PV	0,3 MW	Ja	C – Stromerzeugung vor Ort – Nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Teilweise	SCADA/EMS

Flexible industrielle Anlagen und Prozesse

Schließlich wurden im Rahmen der Umfrage die Endverbrauchsanlagen bewertet, wobei deren Hauptmerkmale (Spitzenlast, Jahresverbrauch) definiert und sie nach dem Grad der Flexibilität, den sie bieten können, klassifiziert wurden.

Da CEDIS sowohl Netzbetreiber als auch Erzeuger erneuerbarer Energien ist, verfügt das Unternehmen über keine industriellen Anlagen, die in diesen Abschnitt aufgenommen werden könnten.

Innova hingegen verfügt über mehrere Prozesse, die im Rahmen der Projektaktivitäten erfasst wurden. Leider ist es unwahrscheinlich, dass die Hauptproduktionslinien und -prozesse in ein Flexibilitätsszenario einbezogen werden können, da die Einschränkungen durch die Arbeitsschichten zu groß sind. Dennoch verfügt die Industrie über eine lange Liste von Hilfsanlagen, die perfekt in das Flexibilitätskonzept passen. Es sind zwei verschiedene Arten von Ladestationen für Elektrofahrzeuge installiert, an denen die Mitarbeiter ihre Fahrzeuge während der Arbeitszeit aufladen können; der Unterschied besteht darin, dass eine Ladestation die Ausgangsleistung modulieren kann, während die andere nur im Ein-/Aus-Betrieb arbeitet. Darüber hinaus gibt es eine große Anzahl von Wärmepumpen für die Raumklimatisierung sowie eine, die einen großen internen Wärmespeicher auflädt. Diese Wärmepumpen lassen sich problemlos zwischen 30 % und 100 % ihrer Nennleistung regeln, wobei die einzige weitere Einschränkung darin besteht, den thermischen Komfort in den Innenräumen für die Mitarbeiter aufrechtzuerhalten.

Poncial wird über drei verschiedene Mittelspannungsanschlüsse versorgt und betreibt drei Stahlinduktionsöfen (400 kW, 800 kW, 400 kW) sowie eine Abschreckanlage (203,7 kW). Es war nicht möglich, den Grad der Flexibilität, den diese Anlagen gewährleisten könnten, im Detail zu bewerten; Induktionsöfen verfügen jedoch über eine schnelle und hohe Modulationsfähigkeit (innerhalb von Sekunden/Minuten) sowie über eine thermische Trägheit, die für kurze Zeiträume (5–15 Minuten) genutzt werden kann, ohne die Qualität der Produkte zu beeinträchtigen. Für den Ofen der Abschreckanlage (200 kW) kann dieser Zeitraum auf bis zu eine Stunde verlängert werden. Gleichzeitig war es nicht möglich, andere Prozesse wie Sägen, Sandstrahlen, Schneidemaschinen und eine Ladestation für Gabelstapler im Detail zu charakterisieren; die Branche ist jedoch derzeit dabei, weitere intelligente Zähler und ein zentralisiertes Energiemanagementsystem (EMS) zu installieren, und diese Anlagen werden in zukünftige Analysen einbezogen.

Schließlich verfügen alle Anlagen von Polytec über ein relevantes Flexibilitätspotenzial. Der Elektrolyseur kann sowohl zeitlich neu geplant als auch leistungsmäßig angepasst werden, wobei einige betriebliche Einschränkungen bestehen, wie eine begrenzte Anzahl von Ein- und Ausschaltvorgängen pro Tag und eine Hoch- und Herunterlaufzeit von etwa 20 Minuten. Darüber hinaus wird der Elektrolyseur nur dann produzieren, wenn die Eingangsenergie direkt entweder aus den PV-Anlagen von Polytec oder aus den angeschlossenen BESS-Systemen stammt, wodurch die Möglichkeit ausgeschlossen ist, Energie direkt aus dem Netz zu beziehen.

TABELLE 4: PILOTPROJEKT NR. 1 – FLEXIBLE INDUSTRIELLE ANLAGEN UND PROZESSE

Anlagen-ID	Anlage oder Prozess	Spitzenlast und Zeitpunkt	Flexibilitätsklassifizierung	Datenverfügbarkeit	Datenverfügbarkeit / Zugriffsschnittstelle / Quelle	Granularität	Wesentliche Einschränkungen
1	Innova-Ladegeräte für Elektrofahrzeuge (einstellbar)	132 kW tagsüber	A – Umplanbarer Prozess – Unterbrechbarer, regelbarer Leistungsprozess	Ja	SCADA/EMS	15 Min.	Mitarbeiter laden die Fahrzeuge während ihrer Arbeitsschichten auf
2	Innova-EV-Ladegeräte (Ein/Aus)	220 kW tagsüber	A – Umschaltbarer Prozess – Unterbrechbarer Prozess mit fester Leistung	Ja	SCADA/EMS	15 Min.	Mitarbeiter laden die Fahrzeuge während ihrer Arbeitsschichten auf

3	Innova-Feuerlöschfahrzeug HP	12 kW – Flexibel	A – Umplanbarer Prozess – Unterbrechbarer, regelbarer Leistungsprozess	Nein	SCADA/EMS	15 Min.	1) Mindestfüllstand des Tanks 2) Mindestauslastung von 30 %
4	Innova Verschiedene HLK-Wärmepumpen	259 kW Schaltzeiten	A – Umplanbarer Prozess – Unterbrechbarer, regelbarer Leistungsprozess	Für die meisten Gebäude ja	SCADA/EMS	15 Min.	1) Thermischer Raumkomfort 2) Mindestlast von 30 %
5	Polytec-Elektrolyseur	1 MW Tagsüber	A – Umschaltbarer Prozess – Unterbrechbarer, anpassbarer Prozess	Aktuelle Daten verfügbar; historische Daten noch nicht verfügbar	SCADA/EMS	15 Min.	1) Begrenztes Ein- und Ausschalten 2) Hoch- und Herunterlaufzeit = 20 Min.
6	Polytec Netzgekoppeltes BESS	2,4 MW flexibel	Explicit Storage – B – BESS	Aktuelle Daten verfügbar; historische Daten noch nicht verfügbar	SCADA/EMS	15 Min.	
7	Polytec Remote BESS	0,5 MW flexibel	Explicit Storage – B – BESS	Aktuelle Daten verfügbar; historische Daten noch nicht verfügbar	SCADA/EMS	15 Min.	
8	Poncial-Drucköfen	1,6 MW	A – Umschaltbarer Prozess – Unterbrechbarer, anpassbarer Prozess	Oktober 2026 – Keine historischen Daten	SCADA/EMS	15 Min.	1) Begrenztes Ein-/Ausschalten 2) Maximale Modulation < 15 min

9	Poncial-Abschreckofen	0,2 MW	A – Umschaltbarer Prozess – Unterbrechbarer, anpassbarer Prozess	Oktober 2026; keine historischen Daten verfügbar	SCADA/ EMS	15 Min.	1) Begrenztes Ein- und Ausschalten 2) Maximale Modulationszeit < 1 h

2.2.2 Pilotstandort Nr. 2: Umfrageergebnisse Österreichisches Pilot

Überblick über das Pilotprojekt und die beteiligten Industriestandorte

Das österreichische Pilot befindet sich im Südosten der Steiermark und umfasst die beiden Industriestandorte Gsellmann Mischfuttererzeugung und Fleischhof Raabtal, die sich in ihren Produktionsprozessen und Energieverbrauchsprofilen unterscheiden. EEE koordiniert das österreichische Pilot. EVON fungiert als Datenhub des Pilots und ermöglicht den Zugriff auf die Industriedaten über Systeme, die an den beiden Standorten installiert sind. Dies erleichtert die Erfassung und Auswertung von Energie- und Prozessdaten und trägt zu einem besseren Verständnis der bestehenden Betriebs- und Steuerungslogiken bei.

Gsellmann ist im Bereich der Futtermittelproduktion tätig. Zu den Aktivitäten zählen Getreideannahme, Trocknung, Mahlen, Walzen, Pressen, Mischen, Fördern und die Lagerung in Silos. Der Stromverbrauch wird größtenteils durch Motoren und Produktionsanlagen bestimmt, die in kontinuierlichen und chargenbasierten Prozessen betrieben werden. Die Verfügbarkeit von Zwischenspeichern innerhalb des Produktionssystems ermöglicht es, bestimmte Verarbeitungsschritte im Rahmen des Produktionsplans neu zu planen.

Fleischhof Raabtal ist im Bereich der Fleischverarbeitung tätig; zu den Aktivitäten gehören Schlachtung, Fleischzerlegung und -verarbeitung, Kühlung, Kühllagerung sowie der Betrieb temperaturgeregelter Arbeitsbereiche. Das Stromprofil des Unternehmens wird stark durch den kontinuierlichen Kühlbedarf beeinflusst. Das Flexibilitätspotenzial hängt daher hauptsächlich von der thermischen Trägheit der Kühlräume sowie von der Möglichkeit ab, den Kühlbetrieb vorübergehend anzupassen und dabei die erforderlichen Temperaturen, Hygienestandards und Lebensmittelsicherheitsbedingungen aufrechtzuerhalten.

Die Umfrageergebnisse liefern einen einheitlichen Überblick über die Energiesituation, den Netzanschluss, Energiemanagementsysteme, Technologien zur Erzeugung und Speicherung vor Ort sowie potenziell flexible industrielle Anlagen an beiden Standorten. Die Informationen werden für jeden Industriestandort separat dargestellt. Zusätzliche Energie- und Betriebsdaten, die von den beiden Unternehmen bereitgestellt wurden, ergänzen die Umfrageergebnisse. Bestätigte Werte, Schätzungen und Informationen, die einer weiteren Präzisierung bedürfen, werden im gesamten Abschnitt klar voneinander unterschieden.

Grunddaten des Pilotprojekts

- **Energieverbrauch:** Gsellmann hat einen jährlichen Gesamtstromverbrauch von etwa 3.700 MWh. Aufgrund des durch die betriebseigenen PV-Anlagen erzeugten Stroms beträgt der

jährliche Strombezug aus dem öffentlichen Netz etwa 2.371 MWh. Der Standort hat zudem einen jährlichen Wärmeverbrauch von etwa 7.000 MWh, der hauptsächlich in Form von Prozessdampf für die Futtermittelproduktion benötigt wird. Der Fleischhof Raabtal hat einen jährlichen Gesamtstromverbrauch von etwa 5.800 MWh. Die hauseigenen PV-Anlagen decken einen Teil dieses Bedarfs ab, wodurch sich der jährlich aus dem öffentlichen Netz bezogene Strom auf etwa 4.260 MWh reduziert. Der jährliche Wärmeverbrauch des Standorts beläuft sich auf etwa 3.499 MWh und steht im Zusammenhang mit dem Wärmebedarf der Fleischverarbeitung und der damit verbundenen Betriebsabläufe.

- **Spitzenlast und Lastprofil:** Bei Gsellmann erreichen kurzzeitige Stromlastspitzen bis zu 1.500 kW. Die Stromlast ist während der Tagesproduktion am höchsten und variiert erheblich je nach Betrieb der im Produktionsplan vorgesehenen Mühlen, Walzen und Pressen. Beim Fleischhof Raabtal ist das Lastprofil durch eine kontinuierliche Grundlast aus der Kältetechnik in Verbindung mit variablen Lasten aus der Fleischverarbeitung und temperaturgeregelten Arbeitsbereichen gekennzeichnet. Spitzenlasten treten in der Regel während des Tagesbetriebs auf.
- **Netzanschluss:** Gsellmann ist mit einer vertraglich vereinbarten Anschlussleistung von 1.300 kW an das Mittelspannungsnetz angeschlossen. Diese Leistung definiert die reguläre Obergrenze für die Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz. Beim Fleischhof Raabtal deckt der Netzanschluss den Strombedarf, der nicht durch die PV-Eigenproduktion vor Ort gedeckt wird, und ermöglicht die Einspeisung von überschüssigem PV-Strom. Der Standort betreibt zudem sieben Wechselstrom-Ladestationen, die jeweils mit zwei 11-kW-Ladepunkten ausgestattet sind, sowie eine Gleichstrom-Ladestation mit zwei 25-kW-Ladepunkten. Dies entspricht 16 Ladepunkten mit einer installierten Gesamtladeleistung von 204 kW.
- **Betriebliche Einschränkungen:** Bei Gsellmann wird der flexible Betrieb durch die vertraglich vereinbarte Bedarfsgrenze, Produktionspläne, Kundenaufträge und die erforderliche Kontinuität des Produktionsprozesses eingeschränkt. Am Standort Fleischhof Raabtal schränken Temperaturgrenzen, Anforderungen an die lückenlose Kühlkette, Hygienestandards und Zeitpläne für die Fleischverarbeitung Anpassungen bei der Kältetechnik und anderen produktionsbezogenen Lasten ein.
- **Energiemanagement und -steuerung:** An beiden Industriestandorten werden Energiemanagementsysteme eingesetzt, um den Energieverbrauch und relevante Prozessbedingungen zu überwachen. Bei Gsellmann unterstützt das System zudem das Lastmanagement auf Standortebene auf der Grundlage vordefinierter Prioritäten für die angeschlossenen Produktionsanlagen. Für die erfassten Walzwerke und Pressen liegen Energie- und Betriebsdaten vor. Bei Fleischhof Raabtal liegen Energie- und Temperaturdaten für die erfassten Kälteanlagen vor. An beiden Standorten sind Systeme von EVON installiert, die die Datenschnittstelle für das österreichische Pilotprojekt bilden und so relevante Energie- und Prozessdaten sowie Informationen zur bestehenden Standortsteuerungslogik für die LEONARDO-Analysen bereitstellen.

Technologien zur Stromerzeugung und -speicherung vor Ort

Beide Industriestandorte betreiben eine Photovoltaik-Erzeugung vor Ort. Gsellmann betreibt zwei PV-Anlagen mit jeweils 1.500 kWp, was einer installierten Gesamtleistung von 3.000 kWp entspricht. Die jährliche Stromerzeugung der Anlagen beläuft sich auf etwa 2.799 MWh, von denen etwa 1.339 MWh ins Netz eingespeist werden.

Gsellmann hat zudem ein Batterie-Energiespeichersystem mit einer Kapazität von 6 MWh installiert. Die Inbetriebnahme der Batterie ist für das Jahr 2026 geplant.

Der Fleischhof Raabtal betreibt PV-Anlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 1,75 kWp. Die jährliche Stromerzeugung der Anlagen beträgt etwa 1.810 MWh, von denen etwa 118 MWh ins Netz eingespeist werden.

Eine weitere Erweiterung der PV-Anlagen um etwa 250 bis 300 kWp ist geplant. Der Standort erwägt zudem die zukünftige Installation eines Batteriespeichersystems.

TABELLEN4 : PILOTPROJEKT NR. 2 – TECHNOLOGIEN ZUR ERZEUGUNG UND SPEICHERUNG VOR ORT –

Technologie-ID	Technologie	Installierte Leistung	An LEONARDO beteiligt?	Flexibilitätsklassifizierung	Datenverfügbarkeit	Datenzugriff
GS-PV1	PV – Gsellmann	1.500 kWp	Ja	Stromerzeugung vor Ort; Klasse C; nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Aktuelle und historische Daten verfügbar	Energiemanagementsystem installiert
GS-PV2	PV – Gsellmann	1.500 kWp	Ja	Stromerzeugung vor Ort; Klasse C; nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Aktuelle und historische Daten verfügbar	Energiemanagementsystem installiert
GS-BESS1	Batterie-Energiespeicher – Gsellmann	6 MWh	Ja	Implizite oder explizite Speicherung; Klasse B; Batterie-Energiespeicher	Derzeit liegen keine Betriebsdaten vor	Zugriff über das installierte System nach Inbetriebnahme vorgesehen
FR-PV1	PV – Fleischhof Raabtal	1.757 kWp	Ja	Stromerzeugung vor Ort; Klasse C; nicht regelbare Erzeugung (erneuerbare Energien)	Aktuelle und historische Daten verfügbar	Installierte Anlage / Datenexport

Flexible industrielle Anlagen und Prozesse

Die beiden Industriestandorte weisen grundlegend unterschiedliche Flexibilitätsprofile auf. Bei Gsellmann wird Flexibilität bereits intern genutzt, um Spitzenlasten im Netz zu begrenzen und die Standortlast innerhalb der vertraglich vereinbarten Netzanschlussleistung von 1.300 kW zu halten. Das bestehende Lastmanagementsystem folgt einer vordefinierten Prioritätsreihenfolge. Wenn sich die Standortlast der Anschlussgrenze nähert, können ausgewählte Mühlen zunächst vom Last- in den Leerlaufbetrieb umgeschaltet und anschließend abgeschaltet werden, falls eine weitere Lastreduzierung erforderlich ist.

Die verfügbaren Betriebsoptionen hängen vom jeweiligen Anlagentyp ab. Mühlen und Walzen können unter Last betrieben werden, im Leerlauf weiterlaufen oder abgeschaltet werden. Die Kornpressen verfügen über keinen Leerlaufbetrieb und können daher entweder die Produktion fortsetzen oder abgeschaltet werden. Das Flexibilitätsinventar konzentriert sich auf die Produktionsanlagen, die in das bestehende Lastmanagementsystem integriert sind.

Gsellmann arbeitet mit kurzen Produktionsvorlaufzeiten und kann die Reihenfolge der Produktionsaufträge noch am selben Tag anpassen. Die realistischste zusätzliche Flexibilität liegt daher in der Verschiebung einzelner Produktionsschritte innerhalb eines Zeitraums von mehreren Stunden, beispielsweise in Zeitfenster mit höherer PV-Erzeugung oder günstigeren Strompreisen. Produktionsanforderungen und Kundenprioritäten bleiben dabei die maßgeblichen Rahmenbedingungen.

Beim Fleischhof Raabtal stellen Kühlung und Kühllagerung die wichtigsten flexibilitätsrelevanten Prozesse dar. Die relevanten Kälteanlagen umfassen Tiefkühl- und Kühlräume sowie einen temperaturgeregelten Arbeitsraum.

Der Tiefkühlraum arbeitet im Leistungsbereich von 40 bis 130 kW und hat einen jährlichen Stromverbrauch von etwa 456 MWh. Seine Temperatur muss bei maximal −18 °C liegen. Der Kühlraum arbeitet im Leistungsbereich von 10 bis 85 kW und hat einen jährlichen Stromverbrauch von etwa 277 MWh. Seine Solltemperatur beträgt +2 °C. Der temperaturgeregelte Arbeitsraum muss zwischen 8 °C und 12 °C gehalten werden. Die Mindestbetriebswerte spiegeln den nahezu kontinuierlichen Betrieb von Teilen der Kühlsysteme wider.

Potenzielle Flexibilität ergibt sich aus der Anpassung des Kühlbetriebs innerhalb der zulässigen Temperaturgrenzen und der Nutzung der thermischen Trägheit der gekühlten Bereiche. Durch vorausschauendes Vorkühlen könnte ein Teil des Kühlbedarfs in Abhängigkeit von Strompreisen und Wetterbedingungen verlagert werden. Die zulässige Temperaturanpassung, die Dauer der Lastreduzierung und der anschließende Wiederherstellungsbedarf müssen noch mit dem Standort abgeklärt werden.

Für beide Standorte entsprechen die installierten Kapazitäten und Betriebsbereiche nicht direkt der jederzeit verfügbaren Flexibilität. Die in einem bestimmten Zeitraum verfügbare Flexibilität hängt vom Produktionsstatus, den bestehenden Prioritäten des Lastmanagements, den Temperaturgrenzen und der Dauer ab, über die eine Anpassung aufrechterhalten werden kann. Diese Parameter werden anhand der verfügbaren Betriebsdaten weiter bewertet.

TABELLE5 : PILOTPROJEKT NR. 2 – FLEXIBLE INDUSTRIEANLAGEN UND -PROZESSE

Anlagen-ID	Anlage oder Prozess	Spitzenlast und Zeitpunkt	Flexibilitätsklassifizierung	Datenverfügbarkeit	Datenzugriffsschnittstelle/Quelle	Granularität	Wesentliche Einschränkungen
GS-A1	Getreidemühle 3.01 – Gsellmann	140 kW, Tag; Leerlaufbetrieb bei 20 kW	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	15-Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-A2	Getreidemühle 3.02 – Gsellmann	80 kW, Tag; Leerlaufbetrieb bei 10 kW	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	15-Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-A3	Walze 3.01 – Gsellmann	30 kW, Tag; Leerlaufbetrieb bei 10 kW	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	Nicht gemeldet	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-A4	Getreidepresse 4.01 – Gsellmann	100 kW, Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	15-Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-A5	Getreidepresse 5.01 – Gsellmann	80 kW, Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	15-Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-A6	Getreidepresse 6.01 – Gsellmann	100 kW, Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	15-Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-B1	Getreidemühle 310 – Gsellmann	170 kW, Tag; Leerlaufbetrieb bei 30 kW	Umplanbarer Prozess (A):	Aktuelle Daten verfügbar, keine	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellu	15-Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan

			Unterbrechbar, feste Leistung	historischen Daten	ng in Vorbereitung		
GS-B2	Roller 310 – Gsellmann	25 kW, Tag; Leerlaufbetrieb bei 15 kW	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	In der Umfrage angegeben: 15 Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-B3	Getreidepresse 1 – Gsellmann	110 kW, Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	In der Umfrage angegeben: 15 Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
GS-B4	Getreidepresse 2 – Gsellmann	110 kW, Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	Aktuelle Daten verfügbar, keine historischen Daten	Export über EVON; häufigere Datenbereitstellung in Vorbereitung	In der Umfrage angegeben: 15 Minuten	Stromliefervertrag; Produktionsplan
FR-A1	Tiefkühlraum – Fleischhof Raabtal	40–130 kW, tagsüber; 456 MWh im Jahr 2025	Reschedulierbarer Prozess (A): Unterbrechbare, regelbare Leistung	Aktuelle und historische Daten verfügbar	System über EVON installiert, regelmäßige Datenverbindung in Vorbereitung	15-Minuten	Die Temperatur muss bei maximal -18 °C liegen
FR-A2	Kühlraum – Fleischhof Raabtal	10–85 kW, tagsüber; 277 MWh im Jahr 2025	Reschedulierbarer Prozess (A): Unterbrechbare, regelbare Leistung	Aktuelle und historische Daten verfügbar	System über EVON installiert, regelmäßige Datenverbindung in Vorbereitung	15-Minuten	Zieltemperatur +2 °C
FR-A3	Temperaturgeregelter Arbeitsraum – Fleischhof Raabtal	Leistung und Spitzenlast nicht angegeben; Tag	Reschedulierbarer Prozess (A): Unterbrechbare, regelbare Leistung	Aktuelle und historische Daten verfügbar	System über EVON installiert, regelmäßige Datenverbindung in Vorbereitung	15-Minuten	Die Temperatur muss zwischen 8 °C und 12 °C liegen

2.2.3 Pilotstandort Nr. 3: Umfrageergebnisse Bulgarisch-griechisches Pilot

Pilotprojektübersicht und beteiligte Industriestandorte

Das bulgarisch-griechische Pilotprojekt ist ein länderübergreifendes Pilotprojekt, das sich über zwei miteinander verbundene Regelzonen erstreckt: die Regelzone Sofia, die vom bulgarischen Netzbetreiber ESO betrieben wird, und die Regelzone Thessaloniki, die vom griechischen Netzbetreiber IPTO betrieben wird. Die beiden Gebiete sind durch die grenzüberschreitende Übertragungsverbindung zwischen Bulgarien und Griechenland miteinander verbunden. Die Untersuchung umfasst die beiden Industriestandorte des Pilotprojekts, jeweils einen auf jeder Seite der Grenze: den bulgarischen Industriecluster, bestehend aus STOMANA Industry, SofiaMed und ETEM Gestamp, sowie den HELLENiQ ENERGY-Industriekomplex in Thessaloniki in Griechenland. UPAT fungiert als Koordinator des Pilotprojekts für beide Seiten.

STOMANA Industry ist ein Stahlhersteller, dessen Werk vier Hauptproduktionsbereiche umfasst (Schmelzwerk, Plattenwalzwerk, Walzwerk und Kugelmühle) und der zu den fünf größten Stromverbrauchern Bulgariens zählt. Im Rahmen des Pilotprojekts fungiert STOMANA zudem als Flexibilitätsaggregator für den von ihm geleiteten bulgarischen Industriecluster. Das Unternehmen nimmt direkt an den von IBEX betriebenen bulgarischen Day-Ahead- und Intraday-Energiemärkten teil und agiert dabei als eigene Bilanzkreisverantwortliche. SofiaMed betreibt Kupfergießerei-, Walz- und Strangpressverfahren und deckt dabei alle Schritte vom Schmelzen und Gießen von Kupfer und Kupferlegierungen bis hin zur Formgebung des Materials durch Walzen und Strangpressen ab. ETEM Gestamp konzentriert sich auf die Aluminiumstrangpressung und damit verbundene nachgelagerte Verarbeitungsaktivitäten, wozu auch eine betriebsinterne PV-Anlage gehört.

Der HELLENiQ ENERGY-Industriekomplex in Thessaloniki ist eine Hydro-Skimming-Raffinerie, die einen kontinuierlichen Raffinationsprozess durchführt, der mit der Rohöldestillation beginnt und sich über die Sekundärverarbeitung und die Hydrobehandlung bis hin zur damit verbundenen petrochemischen Produktion, insbesondere einer Polypropylen-Anlage, erstreckt. Er ist an das IPTO-Übertragungsnetz angeschlossen und nimmt über einen Aggregator an den von HEnEx betriebenen griechischen Day-Ahead- und Intraday-Energiemärkten teil.

Die beiden Standorte repräsentieren zwei gegensätzliche Industriezweige (Lichtbogenstahlherstellung, Kupfer- und Aluminiumverarbeitung sowie Ölraffinerie) und, wie die folgenden Unterabschnitte zeigen, zwei grundlegend unterschiedliche Flexibilitätsprofile. Von allen vier Industriestandorten gingen ausgefüllte Fragebogen zurück, die grundlegende Daten zum Pilotprojekt, Technologien zur Erzeugung und Speicherung vor Ort sowie flexible industrielle Anlagen und Prozesse umfassen. Die nachstehenden Ergebnisse geben die Informationen genau so wieder, wie sie übermittelt wurden; sofern ein Wert nicht angegeben wurde oder nicht zutraf, wird dies direkt vermerkt.

Grunddaten des Pilotprojekts

- **Energieverbrauch:** Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf die einzelnen Industriestandorte und nicht auf das Pilotprojekt als Ganzes. STOMANA gibt einen jährlichen Stromverbrauch von 412.576 MWh an; ein Wert für den Wärmeverbrauch wurde nicht angegeben. SofiaMed gibt einen Stromverbrauch von 85.453,53 MWh/Jahr an, während ETEM Gestamp einen Stromverbrauch von 25.600 MWh/Jahr angibt; an keinem der beiden Standorte wurde ein Wert für den Wärmeverbrauch angegeben.

- HELLENiQ gibt einen jährlichen Stromverbrauch von 227.493 MWh und einen jährlichen Wärmeverbrauch von 146.765,5 FOET an, was 1.640.581 MWh entspricht und den brennstoffgetriebenen Charakter des Raffinationsprozesses widerspiegelt.
- **Spitzenlast und Lastprofil:** STOMANA gibt eine elektrische Spitzenlast von 115 MW an, SofiaMed 15,4 MW, ETEM Gestamp 5,5 MW und HELLENiQ 31,3 MW. Alle Standorte geben an, dass die Spitzenlast tagsüber auftritt. STOMANA, ETEM Gestamp und HELLENiQ weisen geringe Lastschwankungen auf, während SofiaMed hohe Lastschwankungen angibt.
- **Netzanschluss:** Die teilnehmenden Standorte sind auf unterschiedlichen Spannungsebenen angeschlossen. STOMANA ist an die Höchstspannung (über 150 kV) angeschlossen, mit einer gemeldeten Anschlussleistung von 200 MVA und 180 MVA für jede der beiden Leitungen. SofiaMed ist an die Hochspannung angeschlossen, mit einer Versorgung bei 110 kV. ETEM Gestamp gibt innerhalb seiner elektrischen Infrastruktur eine Transformationsstufe von 20/0,4 kV an. HELLENiQ ist an die Hochspannung (36–150 kV) angeschlossen, mit einer angegebenen Anschlussleistung von jeweils 89 MVA für jede der beiden Leitungen. Die angegebene elektrische Infrastruktur steht im Einklang mit der auf den Übertragungsnetzbetreiber ausgerichteten Ausrichtung der Pilot-Anwendungsfälle.
- **Betriebliche Einschränkungen:** Beide Seiten melden betriebliche Einschränkungen, wobei es sich in beiden Fällen um terminbezogene Einschränkungen handelt. Keiner der Standorte meldete eine Nachfragegrenze oder eine Einspeisegrenze.
- **Energiemanagement und -steuerung:** Beide Seiten geben an, über ein EMS zu verfügen, das auf Ebene des Industriestandorts eingesetzt wird. STOMANA und ETEM Gestamp betreiben EMS-Anlagen von Schneider Electric, SofiaMed gibt an, über ein EMS zu verfügen, während HELLENiQ die EMS-Systeme Powernet und Protasis Zenon einsetzt. Derzeit werden die Prozessdaten von beiden Seiten durch manuellen Export abgerufen. Auf die STOMANA-Batterie kann über eine SCADA/EMS-Schnittstelle zugegriffen werden, ebenso wie auf die PV-Anlage von ETEM Gestamp.

Technologien zur Erzeugung und Speicherung vor Ort

Die Erhebung identifizierte zwei Technologien zur Energieerzeugung vor Ort im Rahmen des Pilotprojekts: eine Batterie-Energiespeicheranlage mit einer Kapazität von 0,2 MWh bei STOMANA und eine PV-Anlage mit einer Leistung von 4 MW bei ETEM Gestamp. Die STOMANA-Batterie ist in die LEONARDO-Aktivitäten eingebunden und über eine SCADA/EMS-Schnittstelle zugänglich, während die PV-Anlage über ihre eigene EMS/SCADA-Infrastruktur überwacht wird. STOMANA meldete keine Photovoltaik-, Wasserkraft-, Kraft-Wärme-Kopplungs-, Wind- oder Wasserstoffanlagen, und HELLENiQ gab für alle Kategorien „nicht zutreffend" an, was bedeutet, dass am griechischen Standort keine Erzeugung oder Speicherung vor Ort verfügbar ist.

Dies ist ein charakteristisches Merkmal des bulgarisch-griechischen Pilotprojekts und unterscheidet es von den beiden anderen LEONARDO-Pilotprojekten: Da es auf beiden Seiten keine nennenswerten dezentralen Energieressourcen gibt, beruht die Flexibilität dieses Pilotprojekts fast ausschließlich auf den industriellen Prozessen selbst und nicht auf Erzeugungs- oder Speicheranlagen. Die 0,2-MWh-Batterie ist im Verhältnis zu den Spitzenlasten des Standorts von 115 MW und 31,3 MW zu klein, um einen wesentlichen Beitrag zu Marktgeboten zu leisten, und ist daher hauptsächlich als

Referenzpunkt für den Datenzugriff und die Steuerungsintegration relevant. Die 4-MW-Photovoltaikanlage ändert nichts Wesentliches an dieser Charakterisierung, da ihr Umfang im Verhältnis zum industriellen Bedarf des Clusters begrenzt bleibt und ihr Beitrag in erster Linie als lokaler Erzeuger und nicht als bedeutende flexible Ressource zum Tragen kommt.

TABELLE6 : PILOTPROJEKT NR. 3 – TECHNOLOGIEN ZUR ERZEUGUNG UND SPEICHERUNG VOR ORT

Technologie-ID	Technologie	Installierte Leistung	An LEONARDO beteiligt?	Flexibilitätsklassifizierung	Datenverfügbarkeit	Datenzugriff
Batterie 1	Batterie-Energiespeicher (STOMANA)	0,2 MWh	Ja	Impliziter oder expliziter Speicher; Klasse B; Batterie-Energiespeicher	Verfügbar	SCADA/EMS
PV 1	Nicht regelbare erneuerbare Energiequelle (ETEM)	4 MW	Ja	Stromerzeugung vor Ort; Klasse C	Verfügbar	SCADA/EMS

Flexible industrielle Anlagen und Prozesse

Die Art der an jedem Standort ausgeübten industriellen Tätigkeit bestimmt die verfügbare Flexibilität. STOMANA betreibt eine elektrische Stahlherstellung, bei der die Schmelzanlage in einzelnen Schmelzvorgängen sehr hohe Leistungsmengen bezieht, die innerhalb des Produktionsplans früher oder später gestartet werden können. Alle vier von STOMANA gemeldeten flexiblen Anlagengruppen sind unter dem Prozessarchetyp „Umplanbar“ (Klasse A) mit dem Subtyp „Unterbrechbarer Prozess mit fester Leistung“ klassifiziert und machen den Großteil des Verbrauchs des Standorts aus. Auch SofiaMed und ETEM Gestamp melden umplanbare industrielle Prozesse, wenn auch mit geringerer Leistung und unterschiedlichen Produktionsmerkmalen. HELLENiQ hingegen betreibt einen kontinuierlichen Raffinationsprozess, bei dem – wie der Standort angibt – Prozessanpassungen selten sind und durch die Produktion begrenzt werden.

Auf bulgarischer Seite handelt es sich bei den von STOMANA gemeldeten Anlagen um Schrottschmelzen in Lichtbogenöfen (195 MVA installierte Leistung, 205,08 GWh/Jahr, 107 MW nicht-koinzidierender Spitzenbedarf) sowie um Sekundärmetallurgie in Pfannenöfen (36 MVA, 26,53 GWh/Jahr, 34,8 MW), der Rest der Schmelzanlage (13 MVA, 22,59 GWh/Jahr, 11,3 MW) sowie die Filteranlagen (17 MVA, 18,4 GWh/Jahr, 14,4 MW). Die ersten drei erreichen ihre Spitzenlast tagsüber, die Filtereinheiten nachts. Für den Rest der Schmelzanlage gilt eine wichtige Einschränkung: Von ihrer Gesamtlast wird nur der Gießprozess mit etwa 5 MVA als flexibel einsetzbar angesehen. Die Motorleistungen der einzelnen Einheiten der Schmelzanlage sind bestätigt, doch die flexible Kapazität, der Zeitpunkt, zu dem sie bereitgestellt werden kann, sowie ihre Verfügbarkeit hängen weiterhin von der Validierung der Prozessgrenzen ab, die derzeit im Rahmen des Pilotprojekts durchgeführt wird. SofiaMed meldet drei Hauptprozessgruppen der Kupferverarbeitung: Gießerei (33,88 GWh/Jahr, 7,01 MW Spitzenlast), Walzwerk (41,83 GWh/Jahr, 8,77 MW Spitzenlast) und

Strangpresswerk (9,74 GWh/Jahr, 1,76 MW Spitzenlast). Alle drei erreichen ihre Spitzenlast tagsüber und werden als umplanbare Prozesse identifiziert. Ihre Flexibilität besteht daher in erster Linie darin, den Zeitpunkt stromintensiver Produktionsvorgänge innerhalb des Produktionsplans anzupassen, wobei Anforderungen an die Produktionskontinuität und die Produktqualität zu beachten sind. ETEM Gestamp meldet Aluminiumstrangpressen (15,57 GWh/Jahr), die Sekundärverarbeitung (4,47 GWh/Jahr) und eine weitere industrielle Prozessgruppe (0,56 GWh/Jahr). Alle drei werden als „umplanbarer Prozess (Klasse A)", „unterbrechbar, feste Leistung" klassifiziert. Ihre Flexibilität hängt daher hauptsächlich mit der Verschiebung oder Unterbrechung von Produktionsvorgängen innerhalb zulässiger Zeitfenster zusammen, während die genaue flexible Kapazität, der Zeitpunkt und die Dauer von der Validierung auf Prozessebene abhängen.

Auf griechischer Seite ist die einzige gemeldete Anlage der Extrudermotor der Polypropylen-Produktionslinie mit einer installierten Leistung von 5.400 kW, einem Verbrauch von 70.459 MWh/Jahr und einer Spitzenlast von 4.670 kW. Bis zu maximal 1 MW seines Verbrauchs kann angepasst werden; die wichtigsten Einschränkungen sind die Prozessanforderungen und die wirtschaftlichen Erfordernisse des Werks, und es gibt keinen spezifischen Spitzenverbrauchszeitraum, da der Verbrauch je nach der hergestellten Polypropylen-Sorte variiert.

Zwei Unterschiede zwischen den Standorten sind für die Modellierungsarbeit von Bedeutung. Erstens die Größenordnung: Der bulgarische Cluster vereint die flexiblen Anlagen von STOMANA, die mit einer Leistung von mehreren zehn Megawatt betrieben werden, mit zusätzlichen umplanbaren Prozessen bei SofiaMed und ETEM Gestamp, während der regelbare Anteil der HELLENiQ-Anlage auf etwa 1 MW begrenzt ist, sodass die bulgarische Seite die Gesamtflexibilität des Pilotprojekts dominiert. Zweitens die Datenauflösung: Die Daten des bulgarischen Clusters liegen in einer Auflösung von 15 Minuten vor, während die HELLENiQ-Daten stündlich verfügbar sind, was die zeitliche Auflösung einschränkt, mit der das grenzüberschreitende Aggregat charakterisiert werden kann. An beiden Standorten stehen aktuelle und historische Daten zur Verfügung, die derzeit durch manuellen Export abgerufen werden.

TABELLE7 : PILOTPROJEKT NR. 3 – FLEXIBLE INDUSTRIEANLAGEN UND -PROZESSE

Anlagen-ID	Anlage oder Prozess	Spitzenlast und Zeitpunkt	Flexibilitätsklassifizierung	Datenverfügbarkeit	Datenzugriffsschnittstelle/-quelle	Granularität	Wesentliche Einschränkungen
BG-A1	Schrott-Schmelze – EAF (STOMANA)	107 MW pro Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Prozessgrenzen
BG-A2	Sekundärmetallurgie – LF (STOMANA)	34,8 MW pro Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Prozessgrenzen

BG-A3	Schmelzwerk – Gießerei (STOMANA)	11,3 MW pro Tag	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Von der Restlast der Schmelzanlage ist nur der Gussbereich (ca. 5 MVA) flexibel
BG-A4	Filteranlagen (STOMANA)	14,4 MW nachts	Umplanbarer Prozess (A); unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Prozessgrenzen
BG-A5	Gießerei (SofiaMed)	7,01 MW, Tag	Umplanbarer Prozess (A)	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Produktionsplan
BG-A6	Rollend (SofiaMed)	8,77 MW, täglich	Umplanbarer Prozess (A)	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Produktionsplan/Prozessbeschränkungen
BG-A7	Extrusion (SofiaMed)	1,76 MW, täglich	Umplanbarer Prozess (A)	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Produktionsplan/Prozessbeschränkungen
BG-A8	Aluminium-Strangpressen (ETEM Gestamp)	3,39 MW beobachteter Höchstwert, Tag	Umplanbarer Prozess (A); unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Prozessgrenzen
BG-A9	Sekundäre Verarbeitung (ETEM Gestamp)	1,01 MW beobachteter Höchstwert, Tag	Umplanbarer Prozess (A); unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Prozessgrenzen
BG-A10	Zusätzliche industrielle Prozessgruppe (ETEM Gestamp)	0,82 MW beobachteter Maximalwert, Tag	Umplanbarer Prozess (A); unterbrechbar, feste Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	15 Min.	Genaue Prozessbezeichnung und prozessspezifische Einschränkungen sind noch zu bestätigen
GR-A1	Extrudermotor, PP-Linie (HELLENiQ)	4,67 MW, keine spezifische Spitzenlastzeit	Umplanbarer Prozess (A): Unterbrechungsfrei, einstellbare Leistung	historisch	Manueller Export aus dem EMS	stündlich	Max. 1 MW regelbar; prozess- und geschäftliche Anforderungen; variiert je nach PP-Stufe

2.3 Zusammengefasste Profile der Pilotstandorte und Flexibilitätsinventar

Die drei LEONARDO-Pilotstandorte repräsentieren wesentlich unterschiedliche Industrie- und Energiesystemkonfigurationen. Ihr Flexibilitätspotenzial reicht von dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen innerhalb eines lokalen Verteilungsgebiets in Italien über prozessbasierte Flexibilität an zwei mittelgroßen Standorten der Lebensmittelindustrie in Österreich bis hin zu großen stromintensiven industriellen Prozessen in Bulgarien und Griechenland.

Das italienische Pilotprojekt vereint ein breites Portfolio dezentraler Energieressourcen, darunter industrielle Lasten, PV-Erzeugung, Batteriespeicher, einen Elektrolyseur sowie Anlagen für Elektromobilität. Seine Konfiguration ermöglicht die Bewertung sowohl von TSO-orientierten Ausgleichsdiensten als auch von lokalen Flexibilitätsanwendungen auf DSO-Ebene.

Das österreichische Pilotprojekt umfasst zwei Industriestandorte mit unterschiedlichen Flexibilitätsressourcen. Bei Gsellmann steht die Flexibilität in erster Linie im Zusammenhang mit Mahl- und anderen Produktionslasten, unterstützt durch PV-Erzeugung und eine bestehende Lastmanagement-Logik. Die Inbetriebnahme eines installierten Batteriespeichersystems ist geplant. Bei Fleischhof Raabtal liegt das Hauptpotenzial in der Kühlung und Kühllagerung, wo der Strombedarf potenziell innerhalb definierter Temperatur-, Hygiene- und Produktionsgrenzen verschoben werden kann. Die DSO-bezogene Flexibilität wird anhand repräsentativer Szenarien bewertet.

Das bulgarisch-griechische Pilotprojekt weist die größten industriellen Lasten auf. Seine Flexibilität wird von den elektrischen Stahlherstellungsprozessen bei STOMANA dominiert, während der regelbare Anteil des Polypropylen-Extrusionsprozesses von HELLENiQ ENERGY deutlich geringer ist. Im Vergleich zu den italienischen und österreichischen Pilotprojekten spielen Erzeugung und Speicherung vor Ort nur eine untergeordnete Rolle. Das Hauptflexibilitätspotenzial liegt daher in der Aggregation und marktorientierten Steuerung des industriellen Bedarfs.

TABELLE8 : KONSOLIDIERTE PROFILE DER PILOTSTANDORTE UND FLEXIBILITÄTSINVENTAR

Pilotstandort	Industrieller Kontext	Wichtigste Flexibilitätsressourcen	Energie-, Regelungs- und Einschränkungsumfeld
Italienischer Pilotstandort	Industriekunden im CEDIS-Verteilungsgebiet	Industrielasten, Batterie-Energiespeichersysteme (BESS), Elektrolyseursysteme, Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge und Gabelstapler sowie andere steuerbare dezentrale Energiequellen (DERs).	Ein vielfältiges Portfolio an Erzeugungs- und Energiespeicheranlagen. Die Flexibilität wird durch Prozessanforderungen, Reaktionszeitbeschränkungen, Betriebsgrenzen der Speicher sowie Marktzugangsbedingungen eingeschränkt.
Österreichisches Pilotprojekt	Futtermittelproduktion bei Gsellmann und Fleischverarbeitung mit	Mühlenbetrieb und andere Produktionslasten, Kühlsysteme, thermisch	An beiden Standorten steht eine PV-Erzeugung vor Ort zur Verfügung, während bei

	Kühllagerung beim Fleischhof Raabtal.	flexible Kühlräume sowie Batterie-Energiespeicher.	Gsellmann ein installiertes Batterie-Energiespeichersystem zur Inbetriebnahme vorgesehen ist. Die Daten werden über EVON bereitgestellt. Die Flexibilität wird durch Produktionspläne, verfügbare Lastverschiebungsfenster, Temperaturgrenzen, Hygieneanforderungen und Einschränkungen der Kühlkette eingeschränkt.
Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt	Elektrostahlherstellung bei STOMANA, Kupferverarbeitung bei SofiaMed, Aluminiumverarbeitung bei ETEM Gestamp und Polypropylenproduktion bei HELLENiQ ENERGY	Lichtbogenöfen, Pfannenöfen, weitere Prozesse in der Schmelzanlage und Filtrationsanlagen bei STOMANA; Gießerei, Walzen und Strangpressen bei SofiaMed; Aluminiumstrangpressen und Lasten der nachgelagerten Verarbeitung bei ETEM Gestamp; sowie der einstellbare Anteil des Polypropylen-Extruders bei HELLENiQ ENERGY.	Die Flexibilität wird in erster Linie durch große industrielle Lasten bestimmt, während die Stromerzeugung vor Ort und die Energiespeicherung eine untergeordnete Rolle spielen. Zu den wichtigsten betrieblichen Herausforderungen zählen die Aufrechterhaltung einer unterbrechungsfreien Produktion, die Gewährleistung der Produktqualität und der Prozesssicherheit sowie die Berücksichtigung unterschiedlicher Datenaufschlüsselungen an den beiden Standorten.

Insgesamt zeigt die konsolidierte Bestandsaufnahme, dass die Pilotprojekte ein breites Spektrum an industrieller Flexibilität abdecken, das von dezentralen und speichergestützten Ressourcen bis hin zu prozessbasierter Flexibilität in mittelständischen und stromintensiven Industriezweigen reicht.

3 Pilotspezifische Modellierung von Anwendungsfällen

Dieses Kapitel stellt die detaillierte Spezifikation und Modellierung der pilotenspezifischen Anwendungsfälle vor. Die Anwendungsfälle wurden bereits auf Projektebene definiert und weiterentwickelt, um den spezifischen Bedingungen der drei LEONARDO-Pilotstandorte Rechnung zu tragen.

Die Modellierung konzentriert sich auf den konkreten Umsetzungskontext jedes Anwendungsfalls. Dazu gehören das industrielle Umfeld, der Markt- oder Systemkontext, die beteiligten Akteure, die erforderlichen Informationen, der Ablauf und das erwartete Ergebnis. Relevante technische, betriebliche und regulatorische Einschränkungen werden ebenfalls berücksichtigt.

Für alle Pilotstandorte wurde eine einheitliche Struktur angewendet. Dadurch wird sichergestellt, dass die Anwendungsfälle konsistent und vergleichbar beschrieben werden und gleichzeitig die individuellen Merkmale jedes Pilotprojekts und jedes Szenarios widerspiegeln.

3.1 Ansatz und Struktur der Anwendungsfallmodellierung

Es wurde eine einheitliche Vorlage für die Use-Case-Modellierung entwickelt, um die detaillierte Spezifikation der Use Cases an den drei Pilotstandorten zu steuern.

Die Vorlage folgt einem strukturierten Ansatz und deckt die wichtigsten Elemente ab, die für eine umfassende Beschreibung von Anwendungsfällen erforderlich sind. Jeder Anwendungsfall wird zunächst anhand seines Gesamtziels, seines Umfangs und des erwarteten Ergebnisses vorgestellt. Anschließend wird der industrielle Kontext beschrieben, um aufzuzeigen, welche Prozesse, Anlagen und Flexibilitätsressourcen im jeweiligen Pilotprojekt relevant sind.

Der Markt- und Systemkontext definiert den Flexibilitätsmechanismus oder das Marktumfeld, auf das sich der Anwendungsfall bezieht. Die beteiligten Akteure und ihre Rollen werden separat beschrieben, um Zuständigkeiten und Interaktionen zu verdeutlichen.

Der operative Teil der Vorlage legt fest, wie der Anwendungsfall initiiert wird und wie der Prozess voraussichtlich ablaufen wird. Er umfasst das auslösende Ereignis, die erforderlichen Eingabedaten, die Entscheidungslogik, die erwartete Maßnahme und das daraus resultierende Ergebnis. Die für den Prozess benötigten Systeme und Informationen werden zusammen mit den wichtigsten technischen, betrieblichen und regulatorischen Einschränkungen beschrieben.

Jeder Anwendungsfall wird abschließend durch ein Hauptszenario zusammengefasst, das den operativen Ablauf vom ersten Auslöser bis zum erwarteten Ergebnis darstellt.

Der Modellierungsansatz stützt sich auf Grundsätze aus der Norm IEC 62559 und dem Smart-Grid-Architekturmodell (SGAM), die eine strukturierte Grundlage für die Beschreibung von Akteuren, Interaktionen, Informationsflüssen und betrieblichen Prozessen bieten.

Die daraus resultierenden Anwendungsfall-Spezifikationen bilden eine gemeinsame Referenz für die in Kapitel 4 vorgestellten pilot- und anwendungsfallspezifischen KPIs.

3.2 Ergebnisse der Anwendungsfallmodellierung nach Pilotstandort

In diesem Abschnitt werden die detaillierten Modellierungsergebnisse für die Anwendungsfälle der einzelnen Pilotstandorte vorgestellt. Jeder Anwendungsfall wird gemäß der gemeinsamen Struktur beschrieben, wobei sein individueller industrieller, betrieblicher, marktbezogener und systembezogener Kontext berücksichtigt wird.

3.2.1 Pilotstandort Nr. 1: Italienischer Pilot

Übersicht über die Anwendungsfälle des Pilotprojekts

Der italienische Pilotstandort befindet sich im Industriecluster Storo, einem branchenübergreifenden Gebiet, das von CEDIS (Consorzio Elettrico di Storo) als lokalem Verteilernetzbetreiber (DSO) versorgt wird. CEDIS ist ein kleiner, aber strategisch bedeutender VNB, der ein geschlossenes Verteilungsnetz verwaltet, an das mehrere industrielle Verbraucher, Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (vor allem Photovoltaik und Wasserkraft) sowie ein wachsender Anteil flexibler dezentraler Energieressourcen (DERs) – darunter Batterie-Energiespeichersysteme (BESS) und ein Elektrolyseur – angeschlossen sind.

Das italienische Pilotprojekt sah ursprünglich vier Anwendungsfälle (Use Cases) in der Fördervereinbarung (Grant Agreement, GA) vor. Diese waren: **GA-UC#1**, Bereitstellung von Flexibilitätsdiensten aus aggregierten industriellen Lasten und dezentralen Energiequellen (DERs), ermöglicht durch den externen Aggregator Flexcity über dessen proprietäre, auf Grafana basierende Überwachungs- und Dispatching-Plattform, die mit dem Übertragungsnetzbetreiber (TSO) kommuniziert; **GA-UC#2**: Nutzung der Aggregations- und dynamischen Dispatching-Fähigkeiten von iFAAP, um sowohl Energiedienstleistungen (Spitzenlastabdeckung, Spotpreis-Spread) als auch Hilfsdienste (z. B. BESS-to-MSD) aus DERs einschließlich des Elektrolyseurs anzubieten; **GA-UC#3**: Erweiterung der Plattformfunktionen über das iFAAP-Toolkit, um eine zukünftige Teilnahme an einem politisch reformierten, DSF-freundlichen Markt für Zusatzdienste zu ermöglichen; und **GA-UC#4**: Entwicklung marktorientierter Mechanismen zur Lösung lokaler Engpässe auf DSO-Ebene über einen lokalen Flexibilitätsmarkt, der ebenfalls durch eine Flex-Datenaustauschplattform zwischen TSO und DSO unterstützt wird.

Im Verlauf des Projekts hat das italienische Konsortium diese vier Anwendungsfälle bewusst zu drei umstrukturiert, mit dem ausdrücklichen Ziel, eine vollständige Abdeckung aller ursprünglich vorgesehenen Dienste zu erreichen und gleichzeitig eine Reihe von Anwendungsfällen zu erstellen, die besser auf die tatsächlich am Pilotstandort verfügbaren Anlagen, den institutionellen Kontext von CEDIS als kleinem lokalem DSO und die aktuelle Entwicklung des nationalen Regulierungsrahmens zugeschnitten sind. Die drei überarbeiteten Anwendungsfälle stellen keine Einschränkung der Ambitionen dar: Sie konsolidieren und präzisieren die ursprünglichen vier zu einer kohärenteren und besser umsetzbaren Struktur. Die Zuordnung zu den ursprünglichen GA-Anwendungsfällen sieht wie folgt aus:

- **UC-IT-01 – Aggregierte Flexibilität aus dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen** deckt die Dimension der Aggregation und Plattformorchestrierung von GA-UC#1, GA-UC#2 und GA-UC#3 ab. Die wesentliche Abweichung vom GA besteht darin,

dass der externe Aggregator Flexcity und dessen proprietäre Plattform (Grafana) durch eine interne Lösung ersetzt wurden, nämlich die FLEXIA-Plattform, die im Rahmen des von MASE finanzierten italienischen FLEXIA-Projekts entwickelt wurde und direkt von CEDIS als BSP und Aggregator betrieben wird. Diese Umstellung steht besser im Einklang mit dem Pilotmaßstab, vermeidet die Abhängigkeit von einem kommerziellen Drittanbieter und stärkt die Übertragbarkeit des Modells auf ähnliche Kontexte mit kleinen Verteilernetzbetreibern.

- **UC-IT-02** – **Betrieb im nationalen Ausgleichsmarkt** deckt den Aspekt der Teilnahme an den Hilfsdiensten und am Ausgleichsmarkt von GA-UC#2 und GA-UC#3 ab, wobei der Schwerpunkt auf Ressourcen mit schnellerer Reaktionszeit (BESS, Elektrolyseure, intelligente Ladegeräte) für die Frequenzwiederherstellung und die Ersatzreserve liegt. Es liefert eine simulationsbasierte Evidenzgrundlage für künftige regulatorische Maßnahmen – ein realistischerer Ansatz angesichts des derzeit fehlenden formellen BSP-Status von CEDIS – und deckt zudem den ursprünglich in GA-UC#4 vorgesehenen Koordinierungsrahmen zwischen ÜNB und Verteilernetzbetreibern ab, und zwar durch die simulierte Teilnahme am italienischen MSD/Ausgleichsmarkt, der vom ÜNB Terna verwaltet wird.
- **UC-IT-03 „Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Netzmanagement des Verteilernetzbetreibers“** umfasst GA-UC#4 vollständig, erweitert es um ein umfassenderes Marktdesign (abgestimmt auf den LFM-Rahmen der ARERA-Entscheidung 352/2021 und laufende italienische Pilotprojekte wie EDGE, MiNDFlex und RomeFlex) und bezieht die Dimension der Großhandelsmarktoptimierung mit ein. Die Präsenz von CEDIS als lokaler Verteilernetzbetreiber mit einem geschlossenen Verteilernetz und direkten Beziehungen zu angeschlossenen Industriekunden macht den Ansatz des lokalen Flexibilitätsmarktes sowohl natürlicher als auch betrieblich relevanter für das italienische Pilotprojekt. Das überarbeitete UC-IT-03 bietet eine umfassendere und technisch kohärentere Behandlung der Flexibilität auf Verteilernetzbetreiberebene, einschließlich der Definition eines simulierten Marktdesigns, der Rolle von CEDIS sowohl als Verteilernetzbetreiber als auch als Marktbetreiber sowie der Wechselwirkung mit den Bedingungen des Großhandelsmarktes.

In allen drei überarbeiteten Anwendungsfällen dient die FLEXIA-Plattform in Kombination mit dem iFAAP als gemeinsames technologisches Rückgrat und ersetzt damit die ursprünglich in der GA beschriebene Grafana-Plattform von Flexcity. Diese Konsolidierung spiegelt sowohl die Verfügbarkeit der FLEXIA-Plattform durch das parallele MASE-Projekt wider als auch den Bedarf an einer einheitlichen, interoperablen Lösung, die den Ausgleich auf Übertragungsnetzbetreiber-Ebene, die lokale Flexibilität auf Verteilernetzbetreiber-Ebene und das interne Energiemanagement in einer einzigen Betriebsumgebung abdecken kann.

TABELLE9 : PILOTPROJEKT NR. 1 – ÜBERBLICK ÜBER DIE ANWENDUNGSFÄLLE

UC-ID	Titel des Anwendungsfalls	Schwerpunkt
UC-IT-01	Bündelung der Flexibilität aus dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen	Bereitstellung von Flexibilitätsdiensten durch die Aggregation von industriellen Lasten und dezentralen Energiequellen über die FLEXIA-Plattform mit CEDIS als BSP/Aggregator
UC-IT-02	Auf dem nationalen Ausgleichsmarkt tätig sein	Erkundung der Teilnahme am Ausgleichsmarkt mit Schwerpunkt auf schnell reagierenden Ressourcen

		wie BESS und Elektrolyseuren über die FLEXIA-Plattform
UC-IT-03	Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Netzmanagement der Verteilernetzbetreiber	Prüfung der Schaffung eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Nachfragemanagement mit dem Ziel, den Eigenverbrauch innerhalb von CEDIS zu maximieren und die Einspeisebeschränkungen bei erneuerbaren Energien sowie damit verbundene Netzengpässe über die FLEXIA-Plattform zu lösen

3.2.1.1 UC-IT-01 – Aggregation von Flexibilität aus dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen

Anwendungsfallbeschreibung – UC-IT-01

UC-IT-01 bildet den grundlegenden Anwendungsfall des italienischen Pilotprojekts. Sein primäres Ziel ist die Implementierung und Validierung einer interoperablen Aggregationsplattform – der FLEXIA-Plattform –, die im Rahmen des von MASE finanzierten italienischen FLEXIA-Projekts entwickelt wurde und in der Lage ist, die Planung und Aktivierung von Flexibilitätsdiensten aus den verschiedenen Industrieanlagen und dezentralen Energiequellen (DERs) im CEDIS-Verteilungsgebiet zu koordinieren. Im Gegensatz zur ursprünglichen GA-Formulierung, die sich auf einen externen kommerziellen Aggregator (Flexcity) und dessen proprietäre Plattform stützte, versetzt UC-IT-01 CEDIS direkt in die Rolle des BSP und Aggregators und gewährleistet so die vollständige Anpassung an die lokalen Netzbedingungen, Cybersicherheitsanforderungen und den regulatorischen Rahmen für Flexibilität auf DSO-Ebene in Italien. Der Anwendungsfall ist bereichsübergreifend: Er stellt die gemeinsame Plattforminfrastruktur bereit, auf der UC-IT-02 (nationaler Ausgleichsmarkt) und UC-IT-03 (lokaler Flexibilitätsmarkt) aufbauen. Als Ergebnis wird eine validierte, sichere und benutzerfreundliche Plattform erwartet, die in der Lage ist, Flexibilität koordiniert und zuverlässig zu planen und zu aktivieren, wobei die betrieblichen Einschränkungen einzelner industrieller Prozesse berücksichtigt werden.

TABELLE10 : PILOTPROJEKT NR. 1 – ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALLS UC-IT-01

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-IT-01 – Aggregierte Flexibilität aus dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen
Kurzbeschreibung	Betrieb der FLEXIA-Plattform zur Koordination der Flexibilitätsplanung und -aktivierung über industrielle Anlagen und dezentrale Energiequellen (DERs) im CEDIS-Gebiet hinweg, wobei CEDIS als BSP/Aggregator fungiert.
Ziel / Zweck	Implementierung einer interoperablen und umfassenden Plattform zur Koordination der Planung und Aktivierung von Flexibilitätsdiensten aus verschiedenen Industrieanlagen und dezentralen Energiequellen (DERs) innerhalb des CEDIS-Gebiets, um die Wirksamkeit der Netzunterstützung zu gewährleisten

	und gleichzeitig die Kernprozesse der Industrie sowie die Anforderungen an die Cybersicherheit zu berücksichtigen.
Betroffene Systemebene	Aggregationsplattform
Erwartetes Ergebnis	Validierte, sichere und benutzerfreundliche Plattform für die aggregierte Flexibilitätsplanung und -aktivierung über mehrere Industrieanlagen und dezentrale Energiequellen (DERs) im CEDIS-Gebiet hinweg.

Industrieller Kontext – UC-IT-01

Das CEDIS-Verteilungsgebiet beherbergt eine Reihe industrieller Verbraucher mit heterogenen Prozessen und Energieprofilen, wodurch ein komplementäres Flexibilitätsportfolio entsteht. Zu den Anlagen gehören Hersteller mit diskontinuierlichen Prozessen (z. B. mechanische Fertigung), Industriebetriebe mit kontinuierlichen Prozessen, BESS-Anlagen, ein Wasserstoff-Elektrolyseur sowie eine intelligente Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge und Gabelstapler. Die Vielfalt der Anlagen, bei der langsam reagierende thermische und Produktionsprozesse mit schnell reagierenden elektrochemischen Speichern kombiniert werden, ist ein wesentliches Merkmal des Pilotprojekts und ein zentraler Gegenstand der Aggregationsmaßnahme.

TABELLE11 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-01 WICHTIGER ANWENDUNGSFALL IM INDUSTRIELLEN KONTEXT

Parameter	**Anwendungsfallspezifische Informationen**
Industriesektor	Gemischter Industriecluster: diskrete Fertigung mit Chargenprozessen; kontinuierliche Prozessindustrie; Energiespeicherung und Wasserstoffproduktion.
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	Kühlung / Heizung / Produktionslinien / Betrieb von Batteriespeichersystemen (BESS) / Betrieb von Elektrolyseuren / intelligentes Laden von Elektrofahrzeugen und Gabelstaplern / Öfen
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Kühlung / Heizung / Produktionslinien / Laden und Entladen von BESS / Modulation von Elektrolyseuren / intelligentes Laden von Elektrofahrzeugen und Gabelstaplern / Öfen
Flexibilitätsumfang	Einzelne Anlage (wird über die FLEXIA-Plattform im gesamten CEDIS-Gebiet aggregiert).
Steuerungsebene	EMS-basiert (EMS der einzelnen Anlagen mit der FLEXIA-Plattform vernetzt; Installation und Konfiguration durch die EMS-Anbieter MAPS, Ecoenerg und Polytec).

Markt- und Systemkontext – UC-IT-01

UC-IT-01 deckt mehrere Mechanismuskategorien ab, da die FLEXIA-Plattform so konzipiert ist, dass sie alle drei vom italienischen Pilotprojekt behandelten Marktkontexte abdeckt: interne bilaterale Verträge zwischen CEDIS und industriellen Verbrauchern, Teilnahme am Großhandelsmarkt, nationale Ausgleichs- und Hilfsdienstmärkte sowie den lokalen Flexibilitätsmarkt innerhalb des CEDIS-Netzes. Der Auslöser für den Plattformbetrieb kombiniert Flexibilitätsprognosen, Planung und Aktivierungssignale und spiegelt damit den gesamten Betriebszyklus von der Day-Ahead-Planung bis zur Disposition in nahezu Echtzeit wider. Der Reifegrad wird simuliert; die FLEXIA-Plattform befindet sich im Rahmen des von MASE finanzierten FLEXIA-Projekts in der Entwicklung. Das Wertversprechen von UC-IT-01 basiert auf Kostensenkungen für CEDIS und industrielle Nutzer durch Maximierung des Eigenverbrauchs, Zahlungen für Netzdienstleistungen im Austausch für Netzunterstützung sowie Marktvergütungen aus Ausgleichs- und Großhandelsmärkten.

TABELLE12 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-01 – WICHTIGER ANWENDUNGSFALL: MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismuskategorie	Intern (bilaterale Verträge CEDIS–Industrie) / Großhandel / Ausgleich / Zusatzdienste / Engpässe (lokaler Flexibilitätsmarkt im CEDIS-Netz).
Zielmarkt	DAM / Ausgleich / Lokaler Flexibilitätsmarkt (MLF).
Auslösekategorie	Flexibilitätsprognose / Flexibilitätsplan / Flexibilitätsaktivierungssignal.
Reifegrad	Simuliert (Plattform befindet sich im Rahmen des MASE-FLEXIA-Projekts in der Entwicklung; im Pilotversuch wird die Leistungsfähigkeit der Plattform in der Simulation validiert).
Primärer Werttreiber	Einsparungen / Einnahmen / Netzunterstützung / Maximierung des Eigenverbrauchs
Einnahmen / Nutzen	Kostensenkung für CEDIS und industrielle Nutzer / Marktvergütung aus Ausgleichs- und Großhandelsmärkten / Vergütungen für Netzdienstleistungen.

Anwendungsfall-Akteure – UC-IT-01

Industriestandorte (Innova, Polytec und **Poncial):** Stellen der FLEXIA-Plattform flexible Lasten und dezentrale Energiequellen (DERs) zur Verfügung. Jeder Standort macht seine verfügbare Flexibilität und seine betrieblichen Einschränkungen über sein lokales EMS bekannt, das direkt mit der Plattform kommuniziert.

CEDIS (lokaler Netzbetreiber und BSP/Aggregator): Ermittelt den Netzbedarf und Marktchancen, betreibt die FLEXIA-Plattform, plant und aktiviert Flexibilität über das gesamte aggregierte Portfolio hinweg. CEDIS übernimmt die ursprünglich für den externen Aggregator Flexcity vorgesehene Rolle, verlagert die Aggregation in den Netzbetreiber und gewährleistet die Kohärenz mit dem lokalen Netzmanagement.

Maps Energy + FBK: Verantwortlich für die Entwicklung der FLEXIA-Plattform gemäß den Anforderungen der Beteiligten und den Empfehlungen zur Cybersicherheit.

Ecoenerg / Polytec (EMS-Anbieter): Installieren und konfigurieren die EMS-Systeme an einzelnen Industrieanlagen und gewährleisten eine direkte und standardisierte Kommunikation zwischen den Anlagen und der FLEXIA-Plattform.

Anwendungsfall Betrieb – UC-IT-01

Der Betrieb von UC-IT-01 gliedert sich in drei Betriebsphasen: Prognose und Planung (Day-Ahead), Optimierung und Vorqualifizierung sowie Aktivierung nahezu in Echtzeit. Die Plattform empfängt kontinuierlich Daten von industriellen EMS, Erzeugungsprognosen und Marktsignalen und führt eine multikriterielle Optimierung durch, um Flexibilitätspläne zu erstellen. Nach Erhalt eines Aktivierungssignals (von CEDIS als Verteilernetzbetreiber oder vom nationalen Übertragungsnetzbetreiber) führt die Plattform eine Mehrzieloptimierung durch, um unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen der verfügbaren Anlagen die am besten geeignete Flexibilitätsstrategie zu ermitteln. Anschließend sendet sie Aktivierungssollwerte an die Energie-Management-Systeme (EMS) der einzelnen Anlagen, die die entsprechenden physischen Anlagen steuern. Die daraus resultierenden Flexibilitätsmaßnahmen können Lastverschiebung oder -reduzierung, Prozessumplanung, das Laden oder Entladen von BESS sowie die Modulation von Elektrolyseuren umfassen, mit dem erwarteten Ergebnis, Flexibilität im Voraus zu planen und sie erfolgreich zu aktivieren, wenn dies aufgrund von Netz- oder Marktbedingungen erforderlich ist.

TABELLE13 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-01 ANWENDUNGSFALL „BETRIEB“

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Netzsignal (z. B. PV-Drosselungsereignis) / Erzeugungs- und Marktprognose / Anforderung von Regeldiensten durch den nationalen Netzbetreiber (Terna).
Eingabedaten / Variablen	Produktionspläne von Industriestandorten und Verbrauchsdaten in nahezu Echtzeit; Erzeugungsprognosen und Daten in nahezu Echtzeit; Netzflussprognosen und Messwerte in nahezu Echtzeit; Preisprognosen für den Day-Ahead- und den Ausgleichsmarkt.
Entscheidungslogik	Die FLEXIA-Plattform führt auf Basis der empfangenen Daten eine Mehrzieloptimierung durch und sendet Aktivierungssollwerte an die einzelnen Anlagen-EMS, die die physischen Anlagen steuern.
Erwartete Maßnahmen	Lastverschiebung / Lastreduzierung / Prozessumplanung / Laden oder Entladen von Batteriespeichern (BESS) / Modulation von Elektrolyseuren.
Erwartetes Ergebnis	Im Voraus geplante Flexibilität, die bei Bedarf erfolgreich aktiviert wird.

Systeme, Daten und Einschränkungen

Beteiligte Systeme: FLEXIA-Aggregations- und Optimierungsplattform (MASE-Projekt); lokale EMS-Systeme an einzelnen Industrieanlagen (MAPS, Ecoenerg, Polytec); SCADA-Systeme; Prognosetools für Erzeugung und Last; Schnittstellen zu Marktplattformen (GME für nationale Märkte – MLF, Piclo oder gleichwertige Systeme für lokale Märkte).

Verwendete Informationen: Echtzeit- und Prognosedaten zum Verbrauch pro Anlage; PV- und andere Erzeugungsprognosen; Netzflussmessungen an der CEDIS-Grenze; Day-Ahead-Marktpreise; Signale des Ausgleichsmarktes; betriebliche Einschränkungen und Zeitpläne auf Anlagenebene.

Technische und betriebliche Einschränkungen: Kapazitätsgrenzen pro Anlage; Temperaturgrenzen thermischer Prozesse; Ladezustand und Zyklusgrenzen von BESS; maximale Dauer für einen neuen Sollwert; minimale Reaktionszeit für schnelle Ressourcen; Anforderungen an die Kontinuität des Produktionsplans; Komfortanforderungen für Heiz- und Kühlprozesse; Anforderungen an Cybersicherheit und Datenschutz für die Plattformkommunikation.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: Zugangsbedingungen zum Ausgleichsmarkt für CEDIS als BSP; bilaterale vertragliche Vereinbarungen zwischen CEDIS und industriellen Verbrauchern; Einhaltung der DSGVO und der NIS2 bei der Datenverarbeitung auf der Plattform.

Hauptanwendungsszenario

Auslöser: CEDIS erkennt eine bevorstehende Netzengpasssituation oder empfängt ein Marktsignal (z. B. Prognose einer PV-Überproduktion, hohe Großhandelspreise).

Bewertung: Die FLEXIA-Plattform sammelt Echtzeit- und Prognosedaten von allen angeschlossenen Anlagen und dem Netz und bewertet die insgesamt im Portfolio verfügbare Flexibilität.

Entscheidung: Die Plattform führt eine Optimierung durch und erstellt einen Flexibilitätsplan, wobei die Ressourcen anhand von Verfügbarkeit, Reaktionsgeschwindigkeit und Kosten ausgewählt werden. CEDIS prüft und bestätigt den Plan.

Aktivierung: Nach Erhalt eines Aktivierungssignals (von CEDIS DSO oder von Terna) sendet die Plattform Sollwertbefehle an die EMS der einzelnen Anlagen. Die Anlagen reagieren darauf, indem sie die Last oder die Erzeugung innerhalb ihrer betrieblichen Grenzen anpassen.

Überwachung und Ergebnis: Die Plattform überwacht die Flexibilitätsreaktion jeder Anlage. Die Ergebnisse werden protokolliert und für die Abrechnung, Berichterstellung und Überprüfung der KPIs verwendet.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Betrieb im nationalen Ausgleichsmarkt

Anwendungsfallbeschreibung – UC-IT-02

UC-IT-02 konzentriert sich auf die simulierte Teilnahme von CEDIS in der Rolle eines BSP am nationalen Ausgleichs- und Hilfsdienstemarkt, der vom ÜNB über den Ausgleichsmarkt MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento) und den UVAM-Mechanismus (Unità Virtuali Abilitate Miste – Gruppen von Stromerzeugungs- und -verbrauchsanlagen, die gemeinsam von einem Aggregator verwaltet werden) betrieben wird. Aufbauend auf der in UC-IT-01 etablierten Aggregationsinfrastruktur legt dieser Anwendungsfall den Schwerpunkt auf schnell reagierende Ressourcen, insbesondere die BESS-Anlage, den Elektrolyseur und intelligente Ladegeräte für Elektrofahrzeuge und Gabelstapler, die in der Lage sind, Frequenzwiederherstellungsdienste (Reaktionszeit innerhalb von 5–15 Minuten) und – für langsamere industrielle Lasten – Ersatzreservedienste (Reaktionszeit innerhalb von 30–60 Minuten) bereitzustellen. Dieser

Anwendungsfall ist ausdrücklich als Simulation konzipiert und spiegelt den aktuellen regulatorischen Kontext in Italien wider: CEDIS steht als kleiner lokaler Verteilernetzbetreiber (DSO) vor Mindestgebotsschwellen und Vorqualifikationshürden für die direkte Teilnahme am Markt für kurzfristige Ausgleichsleistungen (MSD). Die Simulation wird den potenziellen Wert des aggregierten CEDIS-Portfolios für die nationale Ausgleichsunterstützung und die Koordination zwischen Übertragungsnetzbetreiber (TSO) und Verteilernetzbetreiber (DSO) quantifizieren sowie eine validierte Faktengrundlage für künftige regulatorische Maßnahmen liefern.

TABELLE14 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-02 ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-IT-02 – Betrieb im nationalen Ausgleichsmarkt
Kurzbeschreibung	Simulation der Teilnahme von CEDIS am vom ÜNB betriebenen nationalen MSD-/Ausgleichsmarkt (möglicherweise über UVAM-Mechanismen), mit Schwerpunkt auf schnell reagierenden Ressourcen (BESS, Elektrolyseure, intelligente Ladegeräte) für Frequenzwiederherstellungs- und Ersatzreservedienste.
Ziel / Zweck	Bereitstellung der aggregierten Flexibilität der FLEXIA-Plattform für den ÜNB über MSD-/UVAM-Einsatzmechanismen mit CEDIS als simuliertem BSP, wobei der Schwerpunkt auf Ressourcen liegt, die eine schnellere Reaktion zur Frequenzwiederherstellung (5–15 min) und Ersatzreserve für langsamere Ressourcen (30–60 min) bieten können.
Betroffene Systemebene	Aggregationsplattform / nationaler Netzbetrieb / Ausgleichsmarkt.
Erwartetes Ergebnis	Validierter potenzieller Flexibilitätsbeitrag des CEDIS-Aggregats für nationale Hilfsdienste, mit quantifizierten Ertragsszenarien und der Identifizierung technischer und regulatorischer Hindernisse für eine tatsächliche Teilnahme.

Industrieller Kontext – UC-IT-02

UC-IT-02 stützt sich auf denselben Anlagenbestand wie UC-IT-01, wobei jedoch bewusst Anlagen mit schnelleren und besser steuerbaren Reaktionsprofilen priorisiert werden. BESS und Elektrolyseure sind die primären Ressourcen für Frequenzwiederherstellungsdienste, da sie innerhalb von Sekunden bis Minuten reagieren können. Das Flexibilitätspotenzial intelligenter Ladegeräte für Elektrofahrzeuge und Gabelstapler wird ebenfalls untersucht. Industrielle Lasten mit thermischer Trägheit (Heizung, Kühlung) und Produktionslinien mit Pufferkapazität werden für langsamere Ersatzreservedienste in Betracht gezogen.

TABELLE15 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-02 WICHTIGER ANWENDUNGSFALL IM INDUSTRIELLEN KONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen

Industriesektor	Gemischter Industriecluster: Vorrang für schnell reagierende Anlagen: BESS, Elektrolyseur, intelligente Ladegeräte für Elektrofahrzeuge/Gabelstapler; sekundäre Rolle für thermische und Produktionslasten.
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	Laden/Entladen von BESS / Modulation von Elektrolyseuren / intelligentes Laden von Elektrofahrzeugen und Gabelstaplern / Kühl- und Heizprozesse / Produktionslinien.
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	BESS / Elektrolyseure / intelligente Ladegeräte (primär); Kühlung, Heizung, Produktionslinien (sekundär).
Flexibilitätsumfang	Einzelne Anlage (aggregiert über die FLEXIA-Plattform für ein gemeinsames Angebot der Übertragungsnetzbetreiber).
Steuerungsebene	EMS-basiert (die EMS der einzelnen Anlagen geben die von der FLEXIA-Plattform empfangenen Einsatzvorgaben nahezu in Echtzeit weiter).

Markt- und Systemkontext – UC-IT-02

Der relevante Marktmechanismus ist der italienische nationale „Mercato dei Servizi di Dispacciamento" (MSD), einschließlich des UVAM-Systems (Unità Virtuale Abilitata Mista), das es aggregierten dezentralen Ressourcen ermöglicht, als virtuelle Einheiten an der vom Netzbetreiber TERNA angeforderten Erbringung von Netzdiensten teilzunehmen. Der Anwendungsfall verfügt über einen simulierten Reifegrad zur Validierung des Potenzials einer zukünftigen Teilnahme, da CEDIS noch nicht den BSP-Status besitzt, und basiert auf Einnahmen für die Teilnehmer durch Netzdienstvergütungen des Netzbetreibers im Austausch für Netzunterstützungsdienste.

TABELLE16 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-02 – SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALL – MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismuskategorie	Ausgleich / Zusatzdienste (auf nationaler TSO-Ebene).
Zielmarkt	MSD / UVAM (nationaler Ausgleichsmarkt, ÜNB).
Auslösekategorie	Anforderung von Zusatzdiensten durch das nationale Netz (Aktivierungssignal des Netzbetreibers).
Reifegrad	Simuliert (CEDIS verfügt noch nicht über den BSP-Status; die Simulation validiert das Potenzial und liefert Informationen für die zukünftige Teilnahme).
Primärer Werttreiber	Umsatz / Netzunterstützung.
Umsatz / Ertragsstrom	Netzdienstleistungszahlungen vom ÜNB (simulierte MSD-/UVAM-Vergütung für CEDIS und teilnehmende Industriestandorte).

Akteure des Anwendungsfalls – UC-IT-02

Industriestandorte (Innova, Polytec und Poncial): Stellen der FLEXIA-Plattform flexible Lasten und schnell reagierende Anlagen (BESS, Elektrolyseure, intelligente Ladegeräte) für nationale Ausgleichszwecke zur Verfügung.

CEDIS (BSP/Aggregator, simuliert): Betreibt die FLEXIA-Plattform im BSP-Modus, aggregiert das Flexibilitätsportfolio, reicht Angebote auf dem nationalen Markt ein (in der Simulation) und verwaltet Aktivierungsbefehle.

Terna / GME: Terna (nationaler Netzbetreiber) kauft die angebotene Flexibilität für seine Dispatching-Tätigkeit (über die GME-Plattform).

Anwendungsfall Betrieb – UC-IT-02

UC-IT-02 wird nach Eingang einer Anfrage für Zusatzdienste aus dem nationalen Netz durch ein Aktivierungssignal des Netzbetreibers ausgelöst. Die FLEXIA-Plattform verarbeitet die Anfrage unter Verwendung der Zeitpläne der Industriestandorte und von Betriebsdaten in nahezu Echtzeit, Erzeugungsprognosen und -messungen, Netzflussprognosen sowie Prognosen des Ausgleichsmarktes und historischer Aktivierungsdaten des Netzbetreibers. Auf der Grundlage dieser Eingaben optimiert die Plattform die verfügbaren, schnell reagierenden Flexibilitätsressourcen und ermittelt die am besten geeignete Kombination von Maßnahmen, wobei sie Aktivierungssollwerte an die einzelnen Energiemanagementsysteme (EMS) sendet, während CEDIS die Einsatzleitung bestätigt und dabei als simulierter Ausgleichsdienstleister (BSP) fungiert. Zu den erwarteten Flexibilitätsmaßnahmen gehören Lastabwurf, das Laden oder Entladen von BESS, die Modulation von Elektrolyseuren und die Drosselung intelligenter Ladegeräte. Infolgedessen werden die ausgewählten Ressourcen als Reaktion auf die Anfrage des ÜNB aktiviert und stellen der simulierten nationalen Netzdisposition die erforderliche Flexibilität bereit.

TABELLE17 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-02 ANWENDUNGSFALL „BETRIEB“

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Anforderung von Regeldiensten durch das nationale Netz (Aktivierungssignal des Netzbetreibers).
Eingabedaten / Variablen	Zeitpläne und Nahe-Echtzeit-Daten von Industriestandorten; Erzeugungsprognosen und Nahe-Echtzeit-Daten; Netzflussprognosen; Prognosen des Ausgleichsmarktes und historische Aktivierungsdaten des TSO.
Entscheidungslogik	Die FLEXIA-Plattform führt eine Optimierung unter den verfügbaren schnell reagierenden Ressourcen durch und sendet Aktivierungssollwerte an einzelne EMS. CEDIS bestätigt die Disposition als simulierten BSP.
Erwartete Maßnahme	Lastabwurf / Entladung oder Aufladung von BESS / Modulation von Elektrolyseuren / Drosselung intelligenter Ladegeräte.
Erwartetes Ergebnis	Flexibilität aktiviert und der simulierten nationalen Netzdisposition bereitgestellt.

Systeme, Daten und Einschränkungen – UC-IT-02

Beteiligte Systeme: FLEXIA-Plattform; EMS einzelner Anlagen; SCADA-Systeme; Prognosetools; GME-Marktschnittstelle (für die Teilnahme von MSD an der Simulation); historische Dispatch-Daten der Übertragungsnetzbetreiber zur Signalreplikation.

Verwendete Informationen: Verbrauchs- und Ladezustandsdaten der Anlagen in nahezu Echtzeit; Erzeugungsprognosen; Preis- und Mengenprognosen für den Ausgleichsmarkt; Netzbetreiber-Einsatzsignale (simuliert).

Technische und betriebliche Einschränkungen: Zyklus- und Ladezustandsgrenzen der BESS; minimale stabile Last und Rampenraten der Elektrolyseure; Anforderungen an die Prozesskontinuität für industrielle Lasten; Latenzgrenzen für schnelle Reaktionen; Mindestgebotsschwelle für die MSD-Teilnahme.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: CEDIS verfügt derzeit nicht über eine BSP-Vorqualifizierung beim Netzbetreiber, daher wird die Teilnahme simuliert. Bilaterale vertragliche Vereinbarungen mit industriellen Verbrauchern regeln Flexibilitätsverpflichtungen und Vergütung.

Hauptanwendungsfall – UC-IT-02

Auslöser: Die FLEXIA-Plattform empfängt ein simuliertes Aktivierungssignal des TSO, das eine Aufwärts- oder Abwärtsregelung durch die virtuelle Einheit von CEDIS anfordert.

Bewertung: Die Plattform wertet den nahezu in Echtzeit vorliegenden Status aller schnell reagierenden Anlagen aus (Ladezustand des BESS, Belastung des Elektrolyseurs, Verfügbarkeit des intelligenten Ladegeräts) und schätzt das gesamte aktivierbare Flexibilitätsvolumen.

Entscheidung: Der Optimierer wählt die am besten geeignete Kombination von Anlagen aus, um die Anforderung innerhalb der Toleranzbänder zu erfüllen, wobei er BESS und Elektrolyseure für eine schnelle Reaktion sowie langsamere Lasten als Ersatzreserve priorisiert.

Aktivierung: Die Plattform sendet Sollwertbefehle an die einzelnen Anlagen-EMS. Die Anlagen reagieren innerhalb des erforderlichen Zeitrahmens (5–15 Minuten für schnell reagierende Ressourcen; 30–60 Minuten für langsamere Lasten).

Überwachung und Ergebnis: Die Plattform protokolliert die Reaktionsdaten auf die Aktivierung und vergleicht diese mit dem angeforderten Volumen und den Toleranzbändern. Simulierte MSD-Erlöse werden auf der Grundlage der geltenden Marktregeln berechnet. Lücken und Teilerfüllungen werden zur Analyse erfasst.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Netzmanagement des Verteilernetzbetreibers

Anwendungsfallbeschreibung – UC-IT-03

UC-IT-03 konzentriert sich auf die Simulation eines lokalen Flexibilitätsmarktes (LFM) innerhalb des CEDIS-Verteilungsnetzes, wobei die FLEXIA-Plattform als operatives Rückgrat dient. Dieser Anwendungsfall steht in direktem Einklang mit dem sich rasch entwickelnden italienischen regulatorischen Rahmen für Flexibilität auf Verteilernetzbetreiber-Ebene, insbesondere mit dem

ARERA-Beschluss 352/2021 und den laufenden LFM-Pilotprojekten (EDGE, MiNDFlex, RomeFlex), in denen marktbasierte Mechanismen für das Engpassmanagement und die Reduzierung von Einspeisebeschränkungen für erneuerbare Energien auf Verteilerebene getestet werden. Der spezifische Kontext von CEDIS – ein kleines, geschlossenes Verteilungsnetz mit erheblichem Anteil an erneuerbarer Energieerzeugung (PV), wachsenden Speicher- und Elektrolyseuranlagen sowie mehreren industriellen Verbrauchern – macht es zu einem besonders relevanten Testfeld für die Gestaltung lokaler Flexibilitätsmärkte. Die wichtigsten betrieblichen Ziele sind: die Maximierung des Eigenverbrauchs innerhalb des CEDIS-Netzes (Reduzierung sowohl des Imports als auch des Exports am Verbindungspunkt zum nationalen Netz); die Bewältigung von PV-Einspeisebeschränkungen, die durch lokale Netzengpässe entstehen; und die Optimierung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Großhandelsmarkt von CEDIS. Zu den erwarteten Ergebnissen von UC-IT-3 gehören die Validierung eines simulierten lokalen Flexibilitätsmarktbetriebs im Kontext eines kleinen Verteilernetzbetreibers sowie die Quantifizierung der Auswirkungen auf den Eigenverbrauch, die Reduzierung von Einspeisebeschränkungen, die Entlastung des Netzes bei Engpässen und die Kostenoptimierung auf dem Großhandelsmarkt.

TABELLE18 : PILOTPROJEKT NR. 1 – ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS UC-IT-03

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-IT-03 – Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Netzmanagement des Verteilernetzbetreibers
Kurzbeschreibung	Simulation eines lokalen Flexibilitätsmarktes innerhalb des CEDIS-Netzes zur Maximierung des Eigenverbrauchs, zur Lösung von Einspeisebeschränkungen bei erneuerbaren Energien, zur Entlastung lokaler Engpässe und zur Optimierung des Großhandelsmarktaustauschs über die FLEXIA-Plattform.
Ziel / Zweck	Simulation eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Nachfragemanagement mit dem Ziel, den Eigenverbrauch innerhalb des CEDIS-Netzes zu maximieren, die Einspeisebeschränkungen bei erneuerbaren Energien und damit verbundene Netzengpässe zu beheben sowie den Handel auf dem Großhandelsmarkt zu optimieren, wobei CEDIS sowohl als Netzbetreiber als auch als Marktbetreiber fungiert.
Betroffene Systemebene	Verteilernetzbetrieb / Aggregationsplattform / lokaler Markt.
Erwartetes Ergebnis	Validierte Simulation des Betriebs eines lokalen Flexibilitätsmarktes im Kontext eines kleinen Verteilernetzbetreibers; quantifizierte Auswirkungen auf den Eigenverbrauch, die Reduzierung von Einspeisebeschränkungen, die Entlastung von Netzengpässen und die Kostenoptimierung auf dem Großhandelsmarkt.

Industrieller Kontext – UC-IT-03

Es handelt sich um denselben Anlagenbestand wie bei UC-IT-01 und UC-IT-02, wobei alle für diesen Anwendungsfall relevanten Anlagentypen einbezogen werden. Die Komplementarität zwischen laststeigernder Flexibilität (Aufnahme überschüssiger PV-Erzeugung, Reduzierung von

Einspeisungen) und lastsenkender Flexibilität (Reduzierung von Bezügen bei hohen Großhandelspreisen oder wenn lokale Einschränkungen dies erfordern) ist ein zentrales Gestaltungsmerkmal des lokalen Marktes.

TABELLEN19 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-03 INDUSTRIELLER KONTEXT DES SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Industriesektor	Gemischter Industriecluster: alle Anlagen innerhalb des CEDIS-Gebiets, einschließlich Hersteller, BESS, Elektrolyseure und intelligente Ladegeräte.
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	Kühlung / Heizung / Produktionslinien / Laden und Entladen von BESS / Elektrolyseure / intelligentes Laden von Elektrofahrzeugen und Gabelstaplern / Öfen.
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Alle oben genannten Prozesse sind sowohl hinsichtlich der Aufwärtsflexibilität (Lastanstieg / Speicheraufladung / Hochfahren von Elektrolyseuren) als auch hinsichtlich der Abwärtsflexibilität (Lastabsenkung / Speicherentladung) relevant.
Flexibilitätsumfang	Einzelne Anlage (aggregiert über die FLEXIA-Plattform für die lokale Marktdisposition).
Steuerungsebene	EMS-basiert (die EMS der Anlagen erhalten bei Aktivierung von CEDIS Sollwerte von der FLEXIA-Plattform).

Markt- und Systemkontext – UC-IT-03

Der in UC-IT-03 simulierte lokale Flexibilitätsmarkt ist entsprechend dem italienischen LFM-Rahmenwerk strukturiert, das sich aus dem ARERA-Beschluss 352/2021 und den laufenden Pilotprojekten ergibt. CEDIS fungiert gleichzeitig als Verteilernetzbetreiber (Ermittlung des Netzbedarfs) und als lokaler Marktbetreiber (Entgegennahme von Flexibilitätsangeboten von industriellen BSPs und deren Aktivierung in der Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit). Das Marktdesign umfasst die Vorausplanung (Day-Ahead) und die Aktivierung nahezu in Echtzeit, ausgelöst durch Netzsignale oder Großhandelsmarktbedingungen. Der Anwendungsfall berücksichtigt zudem den dualen Charakter des Flexibilitätsbedarfs im CEDIS-Netz: Aufwärtsflexibilität (Lastabwurf oder Entladung von Speichern) ist in Zeiten hoher Großhandelspreise oder Netzimportbeschränkungen erforderlich, während Abwärtsflexibilität (Lastaufnahme, Speicherladung, Hochfahren von Elektrolyseuren) in Zeiten überschüssiger lokaler PV-Erzeugung benötigt wird, um Einspeisebeschränkungen und damit verbundene Netzengpässe zu vermeiden. Das Wertversprechen von UC-IT-03 basiert auf Kostensenkungen im Stromgroßhandelsmarkt für CEDIS und der Maximierung des Eigenverbrauchs, auf Vergütungen für Netzdienstleistungen durch simulierte LFM-Vergütung im Austausch für Netzunterstützungsdienste sowie auf den daraus resultierenden Einnahmen und Einsparungen für industrielle Nutzer.

TABELLE20 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-03: MARKT- UND SYSTEMKONTEXT DES ZENTRALEN ANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen

Mechanismuskategorie	Intern (bilaterale Verträge CEDIS–Industrie) / Engpassmanagement (lokaler Flexibilitätsmarkt innerhalb des CEDIS-Netzes).
Zielmarkt	Lokaler Flexibilitätsmarkt (MLF, simuliert) / DAM (zur Optimierung des Großhandelsmarktes).
Auslösekategorie	Netzengpasssignal (PV-Drosselung, lokaler Engpass) / Großhandelspreissignal (hohe Importkosten oder Exportüberschuss).
Reifegrad	Simuliert (angepasst an den sich entwickelnden italienischen LFM-Regulierungsrahmen; CEDIS betreibt noch keinen formellen LFM).
Primärer Werttreiber	Einsparungen / Einnahmen / Netzunterstützung / Maximierung des Eigenverbrauchs.
Einnahmen- / Nutzenstrom	Kostensenkung auf dem Großhandelsmarkt für CEDIS / Zahlungen für Netzdienstleistungen (simulierte LFM-Vergütung) / Einnahmen und Einsparungen für industrielle Nutzer.

Anwendungsfall-Akteure – UC-IT-03

Industriestandorte (Innova, Polytec und Poncial): Bieten CEDIS über die FLEXIA-Plattform Flexibilitätsdienste (nach oben und unten) im Rahmen bilateraler Verträge und der simulierten Teilnahme am LFM an. Jeder Standort reicht Verfügbarkeits- und Aktivierungsangebote auf der Grundlage seiner betrieblichen Einschränkungen und Kostenstruktur ein.

CEDIS (Netzbetreiber und BSP): Ermittelt Netzengpässe und Marktbedürfnisse, empfängt Flexibilitätsangebote über die FLEXIA-Plattform, wählt Ressourcen nach der Merit-Order aus und aktiviert bei Bedarf die Flexibilität. CEDIS ist aufgrund seiner geschlossenen Netzstruktur und der direkten Beziehung zu den angeschlossenen Industriekunden in der einzigartigen Lage, sowohl als Netzbetreiber als auch als BSP zu agieren.

GME / Piclo (Schnittstellen zu Marktplattformen): Stellen die marktseitige Infrastruktur für die Angebotsabgabe und Abrechnung im simulierten lokalen Flexibilitätsmarkt bereit. Im zukünftigen realen Marktkontext könnte GME die MLF-Auktionen (gemäß dem ARERA-Rahmenwerk 372/2023) verwalten oder umgekehrt Piclo Flex als potenzieller Plattformvermittler fungieren.

Anwendungsfall – UC-IT-03

UC-IT-03 wird durch eine Flexibilitätsdienstanforderung von CEDIS initiiert, die entweder durch die Einspeisebeschränkung erneuerbarer Energien ausgelöst wird – was eine Abwärtsflexibilität durch erhöhte Last erfordert – oder durch hohe Importpreise auf dem Großhandelsmarkt oder lokale Netzengpässe, was eine Aufwärtsflexibilität durch Lastreduzierung erfordert. Die FLEXIA-Plattform kombiniert die Zeitpläne und Betriebsdaten in nahezu Echtzeit von Industriestandorten mit PV- und Erzeugungsprognosen und -messungen, Netzflussprognosen und Messungen in nahezu Echtzeit an der CEDIS-Grenze sowie Day-Ahead-Marktpreisprognosen. Auf der Grundlage dieser Eingaben optimiert die Plattform die verfügbaren Flexibilitätsressourcen entsprechend den Netz- und Marktbedingungen und wählt sie in einer Rangfolge nach aufsteigenden Aktivierungskosten aus.

CEDIS bestätigt und löst anschließend die Aktivierung aus, wobei FLEXIA die entsprechenden Sollwerte an die ausgewählten Anlagen sendet. Zu den erwarteten Maßnahmen gehören Lastverschiebungen, Laststeigerungen zur Aufnahme von ansonsten gedrosselter erneuerbarer Energieerzeugung, Lastreduzierungen zur Bewältigung von Engpässen oder Hochpreisereignissen, das Laden oder Entladen von BESS sowie die Neuplanung von Prozessen. Die daraus resultierende Flexibilität wird CEDIS zur Verfügung gestellt, um den Eigenverbrauch innerhalb seines Netzes zu steigern, die Drosselung erneuerbarer Energien und damit verbundene Engpässe zu mindern sowie den Austausch mit dem Stromgroßhandelsmarkt zu optimieren.

TABELLE21 : PILOTPROJEKT NR. 1 – UC-IT-03 – WICHTIGE ANWENDUNGSFALLSPEZIFISCHE INFORMATIONEN

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Flexibilitätsanforderung von CEDIS aufgrund von: (a) Einspeisebeschränkung erneuerbarer Energien (Flexibilität nach unten erforderlich – Laststeigerung); oder (b) hohen Importpreisen auf dem Großhandelsmarkt oder lokaler Netzüberlastung (Flexibilität nach oben erforderlich – Lastreduzierung).
Eingabedaten / Variablen	Zeitpläne und Nahe-Echtzeit-Daten von Industriestandorten; PV- und Erzeugungsprognosen sowie Nahe-Echtzeit-Daten; Netzflussprognosen und Nahe-Echtzeit-Messungen an der CEDIS-Grenze; Day-Ahead-Marktpreisprognose.
Entscheidungslogik	Die FLEXIA-Plattform führt eine Optimierung auf Basis der Netz- und Marktbedingungen durch und wählt Ressourcen in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit (aufsteigende Aktivierungskosten) aus. CEDIS bestätigt und löst die Aktivierung aus.
Erwartete Maßnahmen	Lastverschiebung / Lasterhöhung (zur Absorption von Einspeisebeschränkungen) / Lastreduzierung (bei Engpässen oder Hochpreisereignissen) / Laden oder Entladen von BESS / Neuplanung von Prozessen.
Erwartetes Ergebnis	Flexibilität wird aktiviert und an CEDIS bereitgestellt, um den Eigenverbrauch innerhalb des CEDIS-Netzes zu maximieren, Einspeisebeschränkungen bei erneuerbaren Energien und damit verbundene Netzengpässe zu beheben sowie den Handel auf dem Großhandelsmarkt zu optimieren.

Systeme, Daten und Einschränkungen

Beteiligte Systeme: FLEXIA-Plattform; EMS der einzelnen Anlagen; SCADA-System bei CEDIS; Prognosetools für PV-Erzeugung, Last und Marktpreise; GME/Piclo-Marktschnittstelle (für den simulierten LFM-Betrieb); Schnittstellen zu Marktplattformen.

Verwendete Informationen: Echtzeit- und Prognosedaten zum Verbrauch auf Anlagenebene; PV-Ertragsprognose und nahezu in Echtzeit erfasste Erzeugungsdaten; Netzflussmessungen am CEDIS-Netzanschlusspunkt; Großhandelsmarktpreise (DAM); Flexibilitätsangebote von Industriestandorten (Kapazität, Preis, Verfügbarkeit).

Technische und betriebliche Einschränkungen: Kapazitätsgrenzen pro Anlage; Ladezustands- und Zyklusbeschränkungen der BESS; Mindestlast und Rampenraten der Elektrolyseure;

Prozesstemperaturgrenzen für thermische Lasten; maximale Sollwertdauer; Cybersicherheitsanforderungen für die Fernaktivierung.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: Bilaterale vertragliche Vereinbarungen zwischen CEDIS und industriellen Verbrauchern (Festlegung von Flexibilitätsverpflichtungen, Vergütung und Strafen); Großhandelsmarktbedingungen für CEDIS (Defizite werden auf dem italienischen GME-Markt anders bewertet als Überschüsse); Fehlen eines formellen LFM-Mechanismus für CEDIS (Simulation erforderlich).

Hauptanwendungsszenario

Auslöser: CEDIS erkennt ein bevorstehendes Ereignis mit PV-Überproduktion (lokale Mehrerzeugung, die voraussichtlich die Netz-Einspeisegrenzen überschreiten wird) oder eine Phase mit hohen Großhandelspreisen (Möglichkeit zur Optimierung der Importkosten). Die FLEXIA-Plattform wird benachrichtigt und leitet den Planungszyklus ein.

Bewertung: Die Plattform sammelt Echtzeit- und Prognosedaten von allen Anlagen und der Netzgrenze und bewertet die im gesamten Portfolio verfügbare Aufwärts- oder Abwärtsflexibilität.

Entscheidung: Die Plattform wählt Ressourcen in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit aus und stimmt die Flexibilitätsangebote von Industriestandorten auf den spezifischen Netzbedarf (Richtung, Umfang, Zeitpunkt) ab. CEDIS bestätigt den Aktivierungsplan.

Aktivierung: CEDIS gibt ein Aktivierungssignal aus. Die FLEXIA-Plattform sendet Sollwertbefehle an die einzelnen EMS der Anlagen. Die Anlagen reagieren darauf, indem sie ihre Last innerhalb der betrieblichen Grenzen erhöhen oder verringern.

Überwachung und Ergebnis: Die Plattform überwacht die Flexibilitätsreaktion jeder Anlage und überprüft die Erfüllung hinsichtlich der angeforderten Richtung und des angeforderten Volumens. Die Ergebnisse werden für die Abrechnung im Rahmen bilateraler Verträge und für die KPI-Berichterstattung protokolliert. Verbleibende Lücken lösen Gegenmaßnahmen durch andere verfügbare Ressourcen aus.

3.2.2 Pilotstandort Nr. 2: Österreichischer Pilot

Übersicht über den Pilot-Anwendungsfall

Das österreichische Pilotprojekt untersucht, wie die Flexibilität von zwei Industriestandorten in der Südoststeiermark unter verschiedenen Energie- und Netzbedingungen effektiver genutzt werden kann. Das Pilotprojekt umfasst die Gsellmann Mischfuttererzeugung, einen Futtermittelhersteller mit stromintensiven Mahl- und Produktionsprozessen, sowie den Fleischhof Raabtal, einen Fleischverarbeitungsbetrieb, dessen Strombedarf stark von den Anforderungen an die kontinuierliche Kühlung und Lagerung beeinflusst wird.

Im österreichischen Pilotprojekt befassen sich insgesamt drei Anwendungsfälle mit komplementären Aspekten der industriellen Flexibilität. Der erste Anwendungsfall – UC-AT-01 – konzentriert sich auf die flexible Anpassung des industriellen Stromverbrauchs an dynamische Strompreise auf Basis der Day-Ahead-Marktpreise. Er untersucht, wie die identifizierte Flexibilität industrieller Prozesse

zusammen mit der PV-Erzeugung vor Ort und verfügbaren Speichern genutzt werden könnte, um den Stromverbrauch in günstigere Zeitfenster zu verlagern.

Der zweite Anwendungsfall – UC-AT-02 – untersucht die Entwicklung eines möglichen zukünftigen Flexibilitätsmarktes auf Verteilerebene in Österreich. Da ein solcher Markt derzeit noch nicht existiert, untersucht der Anwendungsfall, wie industrielle Flexibilität potenziell zur Entlastung von Engpässen im Verteilernetz und zur verbesserten Integration erneuerbarer Energieerzeugung innerhalb eines möglichen zukünftigen DSO-Marktes beitragen könnte.

Der dritte Anwendungsfall – UC-AT-03 – erweitert diese Perspektive, indem er die potenzielle Koordination der industriellen Flexibilität zwischen dem in UC-AT-02 behandelten möglichen zukünftigen Mechanismus auf DSO-Ebene und bestehenden Flexibilitätsmechanismen auf TSO-Ebene untersucht.

Der Ansatz unterscheidet sich zwischen den drei Anwendungsfällen. UC-AT-01 ist mit der Analyse der industriellen Flexibilität als Reaktion auf dynamische Day-Ahead-Preise verknüpft. UC-AT-02 und UC-AT-03 sind in erster Linie explorativ und informationsbasiert, da es in Österreich derzeit keinen Flexibilitätsmarkt auf Verteilernetzbetreiber-Ebene gibt und eine direkte Teilnahme der einzelnen Pilotstandorte an Flexibilitätsmärkten auf Übertragungsnetzbetreiber-Ebene nicht angenommen wird. Diese Anwendungsfälle kombinieren daher die Untersuchung relevanter Markt- und Regulierungsbedingungen, den Wissensaustausch mit LEONARDO-Partnern, die Definition und Bewertung repräsentativer Szenarien sowie Rückmeldungen aus dem österreichischen Pilot-Ökosystem. Als erwartete Ergebnisse werden bewertete Konzepte und praktische Empfehlungen angesehen und nicht die tatsächliche Aktivierung von DSO- oder TSO-Märkten.

TABELLE22 : PILOTPROJEKT NR. 2: ÜBERSICHT ÜBER DIE ANWENDUNGSFÄLLE

UC-ID	Titel des Anwendungsfalls	Schwerpunkt
UC-AT-01	Untersuchung verschiedener Strategien zur Teilnahme am Energiemarkt in Österreich	Untersuchung der flexiblen Reaktion des industriellen Stromverbrauchs auf dynamische Preise auf Basis der Day-Ahead-Marktpreise unter Berücksichtigung der verfügbaren Prozessflexibilität, der PV-Erzeugung vor Ort und der Speicherkapazitäten.
UC-AT-02	Gestaltung eines Flexibilitätsmarktes auf Verteilungsebene	Erfahren Sie, wie industrielle Flexibilität im Rahmen eines möglichen zukünftigen Flexibilitätsmarktes auf Verteilungsebene in Österreich zur Entlastung des Netzes beitragen könnte.
UC-AT-03	Koordination der Flexibilität auf mehreren Ebenen	Bewerten Sie, wie industrielle Flexibilität potenziell zwischen einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf Verteilernetzbetreiber-Ebene und bestehenden Flexibilitätsmechanismen auf Übertragungsnetzbetreiber-Ebene koordiniert werden könnte.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Untersuchung verschiedener Strategien zur Teilnahme am Energiemarkt in Österreich

Anwendungsfallbeschreibung – UC-AT-01

UC-AT-01 untersucht, wie die verfügbare Flexibilität der beiden österreichischen Industriestandorte als Reaktion auf dynamische Strompreise, die auf Day-Ahead-Marktpreisen basieren, wirtschaftlicher genutzt werden könnte. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Koordination des flexiblen Industrieverbrauchs mit Day-Ahead-Preissignalen, der PV-Erzeugung vor Ort und verfügbarer Speicher- oder speicherähnlicher Flexibilität.

Bei Gsellmann konzentriert sich die Bewertung auf die Abstimmung von Fräsvorgängen und anderen verschiebbaren Produktionslasten mit den Marktpreisen, der PV-Verfügbarkeit und dem künftigen Betrieb des Batteriespeichersystems. Bei Fleischhof Raabtal liegt das Hauptpotenzial in der Anpassung des Kühlbetriebs innerhalb der geltenden Temperatur-, Hygiene- und Kühlkettengrenzen, beispielsweise durch Vorkühlung während günstiger Preis- oder PV-Erzeugungsphasen.

Der Anwendungsfall erfordert weder eine automatische Marktbietung noch eine direkte Fernsteuerung der Industrieanlagen. Als Ergebnis wird ein evidenzbasierter Vergleich realisierbarer Betriebsstrategien sowie entsprechende Empfehlungen für die Industriestandorte erwartet.

TABELLE23 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-01: ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-AT-01 – Untersuchung verschiedener Strategien zur Teilnahme am Energiemarkt in Österreich
Kurzbeschreibung	Bewertung der Flexibilität des industriellen Stromverbrauchs als Reaktion auf dynamische Strompreise auf Basis der Day-Ahead-Marktpreise unter Berücksichtigung der verfügbaren Flexibilität der industriellen Verbraucher.
Ziel / Zweck	Analyse, wie die verfügbare Flexibilität von Industriestandorten als Reaktion auf Day-Ahead-Preissignale optimiert werden kann, mit besonderem Schwerpunkt auf der effektiven Nutzung der standortinternen PV-Erzeugung und der verfügbaren Energiespeicher.
Betroffene Systemebene	Industrieller Prozess / Markt
Erwartetes Ergebnis	Ermittlung geeigneter Betriebsstrategien auf der Grundlage der tatsächlichen Flexibilitätsmerkmale der relevanten Prozesse, einschließlich einer Quantifizierung des Potenzials für Stromkostensenkungen, eines erhöhten PV-Eigenverbrauchs und einer effektiveren Nutzung verfügbarer Speicher und speicherähnlicher Flexibilitätsressourcen.

Industrieller Kontext – UC-AT-01

Der Anwendungsfall umfasst zwei Lebensmittelbranchen mit unterschiedlichen Flexibilitätsmerkmalen.

Gsellmann betreibt eine stromintensive Futtermittelproduktionsanlage. Das Mahlen und Zerkleinern stellen besonders relevante Lasten dar, während in den damit verbundenen Produktions- und Förderprozessen zusätzliche Flexibilität verfügbar sein könnte. Die bestehende Lastmanagementlogik priorisiert bereits ausgewählte Lasten oder reduziert sie vorübergehend, um innerhalb der vertraglich vereinbarten Netzanschlussleistung zu bleiben. Mühlen können innerhalb der Prozessgrenzen zwischen den Zuständen „belastet", „entlastet" und „ausgeschaltet" umgeschaltet werden. Die Flexibilität ist jedoch in der Regel auf kürzere Zeiträume beschränkt, da Produktionsaufträge, Kundennachfrage und Prozesskontinuität weiterhin die obersten betrieblichen Prioritäten darstellen.

Im Fleischhof Raabtal sind Kühlung und Kühllagerung kontinuierlich erforderlich, um Produktqualität, Hygiene und Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten. Flexibilität kann daher nur innerhalb der zulässigen Temperaturbereiche und der thermischen Trägheit der Kühlbereiche erreicht werden. Mögliche Strategien umfassen das Vorkühlen vor Phasen mit hohen Strompreisen oder die Reduzierung des Kühlbedarfs während kurzer ungünstiger Zeiträume, sofern die festgelegten Temperaturgrenzen eingehalten werden.

TABELLE24 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-01: INDUSTRIELLER KONTEXT DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Industriezweig	Futtermittelproduktion – Gsellmann Mischfuttererzeugung; Fleischverarbeitung mit kontinuierlicher Kühlung – Fleischhof Raabtal
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	Gsellmann: Getreideannahme, Trocknung, Mahlen, Mischen, Fördern und Silobetrieb. Fleischhof Raabtal: Schlachtung und Fleischverarbeitung, Kühllagerung, kontinuierliche Kühlung, Belüftung und Verarbeitungslinien
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Gsellmann: Mahlen und Zerkleinern. Fleischhof Raabtal: Kältekompressoren, Vorkühlung und Kühllagerung
Flexibilitätsgrad	Einzelanlage / Industriestandort
Steuerungsebene	Bestehende Steuerungssysteme auf Anlagen- und Standortebene, unterstützt durch Energiemanagement- und Lastmanagementfunktionen

Markt- und Systemkontext – UC-AT-01

UC-AT-01 befasst sich mit der flexiblen Anpassung des industriellen Stromverbrauchs an dynamische Preise auf Basis der Day-Ahead-Marktpreise. Der wesentliche externe Auslöser ist die Entwicklung der Strompreise für den folgenden Tag. PV-Ertragsprognosen, Produktionspläne, Prozessbedingungen und die Verfügbarkeit von Speicherkapazitäten bestimmen, ob und in welchem Umfang die identifizierten preisbezogenen Chancen genutzt werden können.

Der Anwendungsfall untersucht, wie flexible Lasten von Zeiträumen mit höheren Preisen auf Zeiträume mit niedrigeren Preisen oder einer höheren Verfügbarkeit von PV-Eigenproduktion verlagert werden könnten. Für Gsellmann bietet das Batteriespeichersystem eine zusätzliche Möglichkeit, den Stromverbrauch zeitlich zu verlagern, sobald es in Betrieb ist und die erforderlichen Betriebsdaten vorliegen. Bei Fleischhof Raabtal können Kühl- und Tiefkühlanlagen durch ihre thermische Trägheit eine speicherähnliche Flexibilität bieten, vorbehaltlich der festgelegten Temperaturgrenzen.

TABELLE25 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-01: WICHTIGER ANWENDUNGSFALL – MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismus-Kategorie	Großhandelsmarkt / interne Energieoptimierung
Zielmarkt	Day-Ahead-Markt
Auslösekategorie	Preis / Prognose / Zeitplan
Reifegrad	Bestehend / simuliert
Primärer Werttreiber	Einsparungen / Erkenntnisse
Umsatz / Ertragsstrom	Kostensenkung / verbesserter Eigenverbrauch aus PV / verbesserte Nutzung der Speicherflexibilität

Anwendungsfall-Akteure – UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Liefert Informationen zu Produktion, Stromverbrauch, PV, Speicherung und Prozessen und bewertet, ob vorgeschlagene Betriebsänderungen mit den Produktionsanforderungen vereinbar sind.

Fleischhof Raabtal: Stellt Informationen zu Strom, Kühlung, Temperatur, PV und Prozessen bereit, definiert Kühlketten-, Hygiene- und Produktionsgrenzen und bewertet die betriebliche Machbarkeit von Vorkühlung oder anderen Anpassungen des Kühlbetriebs.

EVON: Stellt die erforderlichen industriellen Energie- und Prozessdaten der Pilotstandorte bereit und stellt sicher, dass relevante Informationen für die Analyse verfügbar sind. Da die Systeme von EVON an den Industriestandorten installiert sind, bringt das Unternehmen zudem Kenntnisse über die bestehende Steuerungs- und Lastmanagementlogik ein.

LEONARDO / iFAAP: Analysiert die verfügbare industrielle Flexibilität und bewertet alternative Betriebsstrategien unter Berücksichtigung von Day-Ahead-Preissignalen, PV-Erzeugung, Speicheroptionen und Prozessbeschränkungen. Auf Grundlage dieser Bewertung werden Optimierungsmöglichkeiten und Empfehlungen erarbeitet.

EEE und die österreichischen Partner des Pilot-Ökosystems: Koordinieren den Anwendungsfall, interpretieren und diskutieren die Analyseergebnisse, holen Feedback von den Industriestandorten ein und setzen die Erkenntnisse in praktische Empfehlungen um.

Anwendungsfall „Betrieb“ – UC-AT-01

Der Anwendungsfall soll bewerten, wie die verfügbare industrielle Flexibilität als Reaktion auf Day-Ahead-Strompreise genutzt werden könnte. Relevante Preis-, Energie- und Prozessinformationen bilden die Grundlage für den Vergleich möglicher Betriebsstrategien mit dem Referenzbetrieb.

Technische und betriebliche Einschränkungen werden bei der Bewertung berücksichtigt. Die Ergebnisse sollen realisierbare Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen und die Entwicklung von Empfehlungen für die Industriestandorte unterstützen. Das Feedback der Standorte wird genutzt, um diese Empfehlungen weiter zu verfeinern.

TABELLEN26 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-01: ANWENDUNGSFALL „BETRIEB“

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Day-Ahead-Strompreissignale und relevante Preisschwankungen
Eingabedaten / Variablen	Historische Stromnachfrage, PV-Erzeugung, Speicherinformationen, Prozessdaten sowie definierte technische und betriebliche Einschränkungen
Entscheidungslogik	Bewertung, welche flexiblen Anlagen innerhalb ihrer definierten Betriebsgrenzen auf die Day-Ahead-Preissignale reagieren könnten
Erwartete Maßnahme	Identifizierung potenzieller Lastverschiebungen und geeigneter flexibler Anlagen
Erwartetes Ergebnis	Empfehlungen dazu, wie die identifizierten flexiblen Anlagen die Stromkosten senken und die Nutzung der PV-Erzeugung vor Ort sowie der verfügbaren Flexibilität verbessern könnten

Systeme, Daten und Rahmenbedingungen – UC-AT-01

Beteiligte Systeme: EVON-Datenschnittstellen, LEONARDO/iFAAP-Komponenten und Datenquellen für den Day-Ahead-Markt.

Verwendete Informationen: Historische und regelmäßig aktualisierte Last- und Prozessdaten, PV- und Speicherinformationen, Day-Ahead-Preise sowie definierte Flexibilitätsgrenzen.

Technische und betriebliche Einschränkungen: Produktionspläne und Prioritäten beim Lastmanagement bei Gsellmann; Anforderungen hinsichtlich Temperatur, Kühlkette, Hygiene und Verarbeitung beim Fleischhof Raabtal.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: Der wirtschaftliche Nutzen hängt von den Stromversorgungsvereinbarungen und deren Kopplung an die Day-Ahead-Preise ab.

Hauptanwendungsszenario – UC-AT-01

Auslöser: Day-Ahead-Preise deuten auf vergleichsweise günstige oder ungünstige Preisphasen für den folgenden Tag hin.

Bewertung: Anhand von Daten zu Industrieverbrauch, PV, Speichern und Prozessabläufen wird bewertet, welche flexiblen Anlagen im Rahmen ihrer technischen und betrieblichen Einschränkungen auf die Preissignale reagieren könnten.

Entscheidung: Mögliche Betriebsoptionen werden hinsichtlich Stromkosten, PV-Eigenverbrauch, Speicherauslastung und betrieblicher Machbarkeit mit dem Referenzbetrieb verglichen.

Umsetzung: Realisierbare Optionen werden in Empfehlungen für die Industriestandorte umgesetzt.

Überwachung und Ergebnis: Die potenziellen Auswirkungen auf Stromverbrauch, Kosten und PV-Eigenverbrauch werden quantifiziert. Rückmeldungen der Industriestandorte unterstützen die Verfeinerung der Annahmen und Empfehlungen.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Marktgestaltung für Flexibilität auf Verteilungsebene

Anwendungsfallbeschreibung – UC-AT-02

UC-AT-02 untersucht, wie industrielle Flexibilität zur Entlastung von Engpässen innerhalb eines zukünftigen Flexibilitätsmarktes auf Verteilungsebene in Österreich beitragen könnte. Dabei werden Herausforderungen für das Verteilungsnetz behandelt, die sich aus zunehmenden Spitzen sowohl bei der dezentralen Stromerzeugung als auch beim Strombedarf ergeben. Eine bessere Koordination des flexiblen industriellen Verbrauchs mit Zeiten hoher erneuerbarer Erzeugung könnte dazu beitragen, sowohl Spitzen bei der Netzimport- als auch bei der Netzexportleistung zu reduzieren und eine effizientere Nutzung der verfügbaren Netzkapazität zu unterstützen.

Da es in Österreich derzeit keinen etablierten Flexibilitätsmarkt auf Verteilernetzbetreiber-Ebene gibt, werden im Anwendungsfall repräsentative zukünftige Markt- und Netzszenarien betrachtet. Diese Szenarien werden mit Informationen über die an den beiden Industriestandorten verfügbare Flexibilität kombiniert, um zu bewerten, wie potenzielle Netzbedürfnisse in Flexibilitätsanforderungen umgesetzt und mit geeigneten Reaktionen der Industrie abgeglichen werden könnten.

Ein wichtiges Ziel des Anwendungsfalls ist es, das Bewusstsein der Industriestandorte für die wachsende Bedeutung netzbezogener Flexibilität zu schärfen. Während ihr derzeitiger wirtschaftlicher Fokus in erster Linie auf den Strompreisen liegt, wird der Anwendungsfall mögliche zukünftige Anforderungen auf Netzbetreiber-Ebene und Marktmechanismen frühzeitig in die Diskussion einbringen. Dies wird die Industriestandorte dazu anregen, netzbezogene Flexibilität bei ihren zukünftigen Energiemanagement- und Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen.

Die Bewertung stützt sich auf relevante Marktkonzepte, Szenarioparameter und Analyseergebnisse, die im Rahmen von LEONARDO entwickelt wurden. Rückmeldungen aus dem Pilot-Ökosystem werden die Bewertung ihrer Anwendbarkeit auf den österreichischen Kontext unterstützen. Das erwartete Ergebnis ist ein vorgeschlagener Ansatz, der beschreibt, wie industrielle Flexibilität potenziell in einem zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf Netzbetreiber-Ebene angefordert und genutzt werden könnte, zusammen mit Empfehlungen zur Unterstützung der frühzeitigen Vorbereitung der Industriestandorte.

TABELLE27 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-02: ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-AT-02 – Marktgestaltung für Flexibilität auf Verteilungsebene
Kurzbeschreibung	Untersuchung der Entwicklung eines neuen Marktdesigns für Flexibilität auf Verteilungsebene im österreichischen Ökosystem mit dem Ziel, Engpässe im Verteilungsnetz zu beseitigen.
Ziel / Zweck	Bewertung, inwiefern industrielle Flexibilität auf repräsentative zukünftige Anforderungen auf Verteilernetzbetreiber-Ebene reagieren und zur Verringerung von Engpässen im Verteilernetz beitragen könnte.
Betroffene Systemebene	Industrieprozess / Verteilernetzbetreiber-Markt
Erwartetes Ergebnis	Ein vorgeschlagener und bewerteter Flexibilitätsmechanismus auf DSO-Ebene, der beschreibt, wie lokale Netzbedürfnisse in Flexibilitätsanforderungen umgesetzt, mit der verfügbaren industriellen Flexibilität abgeglichen und an die teilnehmenden Industriestandorte kommuniziert werden könnten.

Industrieller Kontext – UC-AT-02

Die in UC-AT-02 berücksichtigten industriellen Ressourcen entsprechen im Wesentlichen denselben flexiblen Prozessen, die bereits für UC-AT-01 identifiziert wurden. Ihr potenzieller Zweck ändert sich jedoch von der Reaktion auf Strompreise hin zum Beitrag zu einer möglichen zukünftigen Flexibilitätsanforderung im Verteilernetz.

Bei Gsellmann könnten eine vorübergehende Lastreduzierung oder die Verlagerung von Mahl- und damit verbundenen Produktionslasten potenziell zu einer lokalen Flexibilitätsanforderung beitragen. Das bestehende interne Lastmanagementsystem liefert einschlägige praktische Erfahrungen, da es bereits die Anlagen so koordiniert, dass die vertraglich vereinbarte Netzanschlussleistung nicht überschritten wird. Dennoch müsste jede externe Bereitstellung von Flexibilität den Produktionsverpflichtungen und Kundenaufträgen untergeordnet bleiben.

Bei Fleischhof Raabtal bieten Kühl- und Lageranlagen durch thermische Trägheit und Vorkühlung möglicherweise ein begrenztes Potenzial zur Zeitverschiebung. Jede Reaktion auf eine mögliche zukünftige Anfrage des Verteilernetzbetreibers müsste innerhalb der definierten Temperaturbereiche bleiben und dürfte die Kühlkette nicht gefährden. Die Dauer und das Volumen der verfügbaren Flexibilität würden daher von den tatsächlichen Betriebs- und Temperaturbedingungen zum Zeitpunkt der Anfrage abhängen.

TABELLE28 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-02 – SCHLÜSSELANWENDUNGSFALL IM INDUSTRIELLEN KONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Industriesektor	Futtermittelproduktion – Gsellmann Mischfuttererzeugung; Fleischverarbeitung mit durchgehender Kühlung – Fleischhof Raabtal

Wichtigste relevante industrielle Prozesse	Gsellmann: Getreideannahme, Trocknung, Mahlen, Mischen, Fördern und Silobetrieb. Fleischhof Raabtal: Schlachtung und Fleischverarbeitung, Kühllagerung, kontinuierliche Kühlung, Belüftung und Verarbeitungslinien.
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Gsellmann: Mahlen und Zerkleinern sowie andere verlagerbare Produktionslasten, sofern betrieblich machbar. Fleischhof Raabtal: Kältekompressoren und Vorkühlung von Tiefkühlräumen, Kühlräumen und temperaturgeregelten Arbeitsbereichen.
Flexibilitätsgrad	Einzelne Anlage / Standort
Steuerungsebene	Steuerung auf Anlagen- und Standortebene, möglicherweise unterstützt durch vorhandene Energie-Steuerungssysteme auf Anlagen- und Standortebene, unterstützt durch Energiemanagement- und Lastmanagementfunktionen.

Markt- und Systemkontext – UC-AT-02

UC-AT-02 befasst sich mit Engpassmanagement und der Integration erneuerbarer Energien in einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmarkt auf Verteilungsebene. Anhand repräsentativer Szenarien werden der potenzielle Flexibilitätsbedarf auf Verteilungsebene und mögliche Reaktionen der Industrie bewertet.

Der Anwendungsfall untersucht, wie industrielle Flexibilität zu einem zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf Verteilungsebene beitragen könnte und welche potenziellen Vorteile sich daraus ergeben könnten. Da es derzeit in Österreich keinen solchen Markt gibt, erfolgt die Bewertung konzeptionell und szenariobasiert.

TABELLEN29 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-02: WICHTIGER ANWENDUNGSFALL – MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismuskategorie	Engpassmanagement
Zielmarkt	Möglicher zukünftiger Markt für lokale Flexibilität / DSO
Auslösekategorie	Netz / Anfrage
Reifegrad	Zukunft / simuliert
Primärer Werttreiber	Rasterunterstützung / Zuverlässigkeit / Lernen
Einnahmen / Ertragsstrom	Mögliche zukünftige Vergütungen für Netzdienstleistungen / Entlastung bei Netzengpässen / verbesserte Integration erneuerbarer Energien

Anwendungsfall-Akteure – UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Stellt Informationen zu flexiblen Produktionslasten, Lastmanagementpraktiken und betrieblichen Einschränkungen bereit.

Fleischhof Raabtal: Stellt Informationen zur Flexibilität der Kühlung, zu Temperaturbedingungen und zu Anforderungen an die Kühlkette bereit.

EVON: Stellt industrielle Energie- und Prozessdaten sowie Kenntnisse über die bestehenden Steuerungssysteme auf Standortebene bereit.

EEE: Koordiniert den Anwendungsfall, ermöglicht Rückmeldungen aus dem Pilot-Ökosystem und leitet Empfehlungen an die Industriestandorte weiter.

LEONARDO: Bringt relevantes Marktwissen ein und unterstützt die Entwicklung und Bewertung zukünftiger Flexibilitätsszenarien.

LEONARDO / iFAAP: Unterstützt die Bewertung der industriellen Flexibilität innerhalb der definierten Szenarien.

Möglicher zukünftiger Verteilernetzbetreiber (DSO) oder Marktbetreiber: Vertritt den Akteur, der den Netzbedarf ermittelt und Flexibilität innerhalb eines zukünftigen DSO-Marktes anfordert.

Anwendungsfall „Betrieb“ – UC-AT-02

Der Anwendungsfall nutzt repräsentative Flexibilitätsszenarien auf Verteilungsebene, um zu untersuchen, wie industrielle Verbraucher an einem möglichen zukünftigen DSO-Markt teilnehmen könnten. Die verfügbare industrielle Flexibilität wird mit dem angenommenen Flexibilitätsbedarf verglichen, gegebenenfalls gestützt auf Industriedaten und Analyseergebnisse.

Die Ergebnisse werden mit den Industriestandorten und dem Pilot-Ökosystem diskutiert. Deren Rückmeldungen dienen der Verfeinerung der Szenarien und der Entwicklung von Empfehlungen für die mögliche zukünftige Nutzung industrieller Flexibilität auf DSO-Ebene.

TABELLEN30 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-02: ANWENDUNGSFALL „BETRIEB“

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Definition eines repräsentativen Flexibilitätsbedarfs auf Verteilungsebene oder einer Netzherausforderung
Eingabedaten / Variablen	Relevante Markt- und Szenarioinformationen, industrielle Last- und Prozessdaten, PV- und Speicherinformationen sowie betriebliche Einschränkungen
Entscheidungslogik	Vergleich der verfügbaren industriellen Flexibilität mit den repräsentativen Flexibilitätsanforderungen und Bewertung ihrer potenziellen Anwendbarkeit
Erwartete Maßnahmen	Identifizierung potenzieller industrieller Flexibilitätsmaßnahmen und möglicher Kommunikationsansätze

Erwartetes Ergebnis	Eine szenariobasierte Bewertung der für den künftigen Einsatz auf DSO-Ebene verfügbaren industriellen Flexibilität sowie Empfehlungen dazu, wie diese angefordert und genutzt werden könnte, um Nachfragespitzen und Einspeisespitzen zu reduzieren und Engpässe im Verteilnetz zu entlasten

Systeme, Daten und Einschränkungen

Beteiligte Systeme: Industrielle Überwachungssysteme, EVON-Datenschnittstellen, LEONARDO/iFAAP-Komponenten und projektdefinierte Szenarioinformationen.

Verwendete Informationen: Industrielle Last- und Prozessdaten, verfügbare Flexibilität, PV- und Speicherinformationen, betriebliche Einschränkungen sowie repräsentativer Flexibilitätsbedarf auf Verteilernetzbetreiber-Ebene.

Technische und betriebliche Einschränkungen: Produktionsanforderungen und Prozesskontinuität bei Gsellmann; Anforderungen hinsichtlich Temperatur, Hygiene, Lebensmittelsicherheit und Kühlkette bei Fleischhof Raabtal.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: In Österreich ist noch kein Flexibilitätsmarkt für Netzbetreiber etabliert. Die Bewertung stützt sich daher auf repräsentative Szenarien ohne standortspezifische Daten zu Netzengpässen oder tatsächliche Anforderungen der Netzbetreiber.

Hauptanwendungsfall-Szenario

Auslöser: Eine relevante Netzherausforderung auf Verteilungsebene wird identifiziert und in einen repräsentativen Flexibilitätsbedarf für einen möglichen zukünftigen DSO-Markt übersetzt.

Bewertung: Die an den Industriestandorten verfügbare Flexibilität wird mit den Anforderungen des repräsentativen Szenarios verglichen. Dabei werden industrielle Last- und Prozessdaten, Informationen zu Photovoltaik und Speichern sowie betriebliche Einschränkungen berücksichtigt.

Entscheidung: Mögliche Reaktionsoptionen werden hinsichtlich ihrer technischen und betrieblichen Machbarkeit bewertet. Für das jeweilige Szenario werden geeignete Industrieanlagen und mögliche Flexibilitätsmaßnahmen identifiziert.

Aktivierung: Die ausgewählte Reaktion wird als szenariobasierte Flexibilitätsmaßnahme dargestellt, die aufzeigt, wie der industrielle Verbrauch als Reaktion auf eine zukünftige DSO-Anforderung potenziell angepasst werden könnte.

Überwachung und Ergebnis: Der potenzielle Beitrag der industriellen Flexibilität zum angenommenen Netzbedarf wird bewertet. Die Ergebnisse und Rückmeldungen der Industriestandorte werden genutzt, um das Szenario zu verfeinern und Empfehlungen für einen möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf Netzbetreiber-Ebene zu formulieren.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Mehrstufige Flexibilitätskoordination

Anwendungsfallbeschreibung – UC-AT-03

UC-AT-03 untersucht, wie die industrielle Flexibilität zwischen einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf DSO-Ebene und bestehenden Flexibilitätsdiensten auf TSO-Ebene koordiniert werden könnte. Der Anwendungsfall baut auf der in UC-AT-01 identifizierten industriellen Flexibilität und dem in UC-AT-02 untersuchten möglichen zukünftigen Mechanismus auf DSO-Ebene auf.

Der Anwendungsfall geht nicht davon aus, dass die Industrieunternehmen direkt an Flexibilitätsmärkten auf TSO-Ebene teilnehmen werden. Die an den einzelnen Industriestandorten verfügbare Flexibilität ist möglicherweise zu gering für eine direkte Teilnahme, und es müssten zusätzliche Anforderungen hinsichtlich Marktzugang, Aggregation, Technik und Vorqualifikation erfüllt werden. Ebenso existiert der in UC-AT-02 betrachtete Mechanismus auf DSO-Ebene derzeit in Österreich nicht.

Ein wichtiges Ziel von UC-AT-03 ist es daher, zu untersuchen, unter welchen Bedingungen Industriestandorte wie Gsellmann und Fleischhof Raabtal potenziell an Flexibilitätsdiensten auf TSO-Ebene teilnehmen könnten und wie eine solche Teilnahme in der Praxis organisiert werden könnte. Der Anwendungsfall wird die relevanten technischen, betrieblichen, aggregationsbezogenen und marktzugangsbezogenen Anforderungen berücksichtigen und diese mit den Merkmalen der verfügbaren industriellen Flexibilität vergleichen.

UC-AT-03 ist in erster Linie eine konzeptionelle Bewertung. Dabei wird die verfügbare industrielle Flexibilität mit ausgewählten Anforderungen auf DSO- und TSO-Ebene verglichen und untersucht, wie eine potenzielle Beteiligung oder Koordination gestaltet werden könnte. Die Bewertung stützt sich auf relevante Marktinformationen, Wissensaustausch und repräsentative Szenarien. Industriedaten und Analysewerkzeuge können die Bewertung unterstützen, stellen jedoch nicht den vollständigen operativen Ablauf des Anwendungsfalls dar.

Das erwartete Ergebnis ist eine Bewertung der Eignung der verfügbaren industriellen Flexibilität für Mechanismen auf DSO- und TSO-Ebene, einschließlich geeigneter Beteiligungs- und Koordinationsoptionen sowie der Bedingungen, die erfüllt sein müssten.

TABELLE31 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-03: ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-AT-03 – Koordination der Flexibilität auf mehreren Ebenen
Kurzbeschreibung	Gemeinsame Optimierung der Bereitstellung industrieller Flexibilität sowohl im konzipierten Flexibilitätsmechanismus des Verteilernetzbetreibers (DSO) als auch auf den Flexibilitätsmärkten des Übertragungsnetzbetreibers (TSO).
Ziel / Zweck	Bewertung, wie industrielle Flexibilität potenziell zwischen einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf DSO-Ebene und

	bestehenden Flexibilitätsmechanismen auf TSO-Ebene koordiniert werden könnte.
Betroffene Systemebene	Industrieprozesse / Netzbetrieb / Markt
Erwartetes Ergebnis	Bewertung der Eignung der verfügbaren industriellen Flexibilität für Flexibilitätsmechanismen auf DSO- und TSO-Ebene, einschließlich realisierbarer Optionen für eine koordinierte Zuweisung zwischen beiden Ebenen.

Industrieller Kontext – UC-AT-03

UC-AT-03 berücksichtigt die kombinierten Eigenschaften der an den beiden Industriestandorten verfügbaren Flexibilität. Die verschiedenen Ressourcen weisen unterschiedliche Betriebseigenschaften auf und können daher für unterschiedliche Arten von Flexibilitätsdiensten geeignet sein.

Prozessbasierte Flexibilität hängt von den aktuellen Produktionsbedingungen ab und kann in der Regel nur innerhalb begrenzter Zeitfenster bereitgestellt werden. Ihre Verfügbarkeit wird durch Produktionspläne, die Kontinuität der Prozesse, Temperaturbedingungen und andere betriebliche Anforderungen beeinflusst. Batteriespeicher können eine besser steuerbare Reaktion bieten, abhängig von ihrer verfügbaren Kapazität, ihrem Ladezustand und den Betriebsbedingungen.

Bei der Bewertung werden die verfügbaren Ressourcen nach Leistung, Reaktionszeit, Dauer, Verfügbarkeit und Steuerbarkeit unterschieden. Die betrieblichen Einschränkungen der industriellen Prozesse gelten in allen Fällen und bestimmen, wie viel Flexibilität potenziell für den Einsatz auf DSO- oder TSO-Ebene zur Verfügung gestellt werden könnte.

TABELLE32 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-03: INDUSTRIELLER KONTEXT DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Industriezweig	Futtermittelproduktion – Gsellmann Mischfuttererzeugung; Fleischverarbeitung mit kontinuierlicher Kühlung – Fleischhof Raabtal
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	Gsellmann: Getreideannahme, Trocknung, Mahlen, Mischen, Fördern und Silobetrieb. Fleischhof Raabtal: Schlachtung und Fleischverarbeitung, Kühllagerung, kontinuierliche Kühlung, Belüftung und Verarbeitungslinien.
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Gsellmann: Mahlen und Zerkleinern sowie andere verlagerbare Produktionslasten, sofern betrieblich machbar. Fleischhof Raabtal: Kältemittelkompressoren und Vorkühlung von Tiefkühlräumen, Kühlräumen und temperaturgeregelten Arbeitsbereichen.
Flexibilitätsgrad	Einzelne Anlage / Standort

Steuerungsebene	Bestehende Steuerungssysteme auf Anlagen- und Standortebene, unterstützt durch Energiemanagement- und Lastmanagementfunktionen.

Markt- und Systemkontext – UC-AT-03

UC-AT-03 untersucht einen möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf DSO-Ebene in Verbindung mit bestehenden Flexibilitätsdiensten auf TSO-Ebene. Anhand der relevanten TSO-Beteiligung und der technischen Anforderungen wird bewertet, unter welchen Bedingungen die verfügbare industrielle Flexibilität für solche Dienste geeignet sein könnte.

Der Anwendungsfall berücksichtigt zudem potenzielle Überschneidungen zwischen der Nutzung auf DSO- und TSO-Ebene, da dieselbe Lastverschiebung oder Speicherkapazität nicht gleichzeitig für beide Ebenen bereitgestellt werden kann. Mögliche Koordinationsoptionen werden anhand der technischen Eignung, des Zeitpunkts und betrieblicher Einschränkungen bewertet. Die Bewertung bleibt theoretisch und geht nicht von einer tatsächlichen Marktteilnahme der Pilotstandorte aus.

TABELLE33 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-03: WICHTIGER ANWENDUNGSFALL – MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismuskategorie	Zusatzdienste / Engpassmanagement
Zielmarkt	Ausgleich / mögliche zukünftige lokale Flexibilität / DSO–TSO
Auslösekategorie	Netz / Anfrage
Reifegrad	Bestehend / zukünftig / simuliert
Primärer Werttreiber	Rasterunterstützung / Umsatz / Lernen
Umsatz / Ertragsstrom	Verbesserte Nutzung der verfügbaren Flexibilität / potenzielle Vergütung für die Bereitstellung von Flexibilität

Anwendungsfall-Akteure – UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Stellt Informationen zu flexiblen Produktionsprozessen, Lagerung und relevanten betrieblichen Einschränkungen bereit.

Fleischhof Raabtal: Stellt Informationen zur Flexibilität der Kühlung sowie zu den relevanten Anforderungen an die Kühlkette, Hygiene und Produktion bereit.

EVON: Stellt Informationen zu industrieller Energie und Prozessen sowie Kenntnisse über die vorhandenen Überwachungs- und Steuerungsmöglichkeiten bereit.

EEE: Koordiniert den Anwendungsfall, fördert den Austausch innerhalb des österreichischen Pilot-Ökosystems und fasst die daraus resultierenden Empfehlungen zusammen.

LEONARDO und Partner des Pilot-Ökosystems: Bringen Kenntnisse über Flexibilitätsmechanismen auf DSO- und TSO-Ebene, Aggregationsvereinbarungen und relevante Teilnahmebedingungen ein.

Potentieller Aggregator, ESCO oder Ausgleichsdienstleister: Stellt einen möglichen Vermittler für die Aggregation industrieller Flexibilität und die Erleichterung des Zugangs zu Dienstleistungen auf TSO-Ebene dar.

DSO und TSO: Stellen die Systemakteure und Anforderungen dar, die in der theoretischen Koordinierungsbewertung berücksichtigt wurden.

Anwendungsfall Betrieb – UC-AT-03

Der Anwendungsfall untersucht relevante Flexibilitätsmechanismen und Teilnahmebedingungen auf TSO-Ebene zusammen mit dem in UC-AT-02 betrachteten möglichen zukünftigen Mechanismus auf DSO-Ebene.

Die Merkmale der verfügbaren industriellen Flexibilität werden mit den identifizierten Bedingungen verglichen. Informationen von Pilotstandorten können die Beurteilung unterstützen, ob die Flexibilität potenziell für den Einsatz auf DSO-Ebene, auf TSO-Ebene oder für beides geeignet sein könnte.

Wo sich potenzielle Einsatzbereiche überschneiden, werden mögliche Zuteilungs- und Koordinierungsprinzipien unter Berücksichtigung der technischen Eignung, des Zeitpunkts und der betrieblichen Verfügbarkeit geprüft. Die Ergebnisse werden mit den Industriestandorten und dem Pilot-Ökosystem erörtert und in Empfehlungen hinsichtlich einer möglichen Beteiligung und Koordinierung umgesetzt.

TABELLE34 : PILOTPROJEKT NR. 2 – UC-AT-03: ANWENDUNGSFALL „BETRIEB“

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Identifizierung eines relevanten Flexibilitätsmechanismus auf TSO-Ebene zur Bewertung einer möglichen Teilnahme der Industriestandorte.
Eingabedaten / Variablen	Merkmale und betriebliche Einschränkungen der verfügbaren industriellen Flexibilität; relevante Teilnahmebedingungen auf TSO-Ebene; Zeitplan und Verfügbarkeit.
Entscheidungslogik	Die verfügbare industrielle Flexibilität wird mit den relevanten Bedingungen auf TSO-Ebene verglichen. Anschließend werden potenzielle Beteiligungsoptionen und deren Koordination mit einer möglichen Nutzung auf DSO-Ebene bewertet.
Erwartete Maßnahme	Identifizierung und Vergleich möglicher Beteiligungs- und Koordinationsoptionen auf Übertragungsnetzebene.
Erwartetes Ergebnis	Bewertung der potenziellen Eignung der verfügbaren industriellen Flexibilität für Mechanismen auf TSO-Ebene sowie Empfehlungen für deren mögliche Koordination mit der Nutzung auf DSO-Ebene.

Systeme, Daten und Einschränkungen – UC-AT-03

Beteiligte Systeme: Industrielle Überwachungs- und Steuerungssysteme, EVON als Datenhub sowie relevante Informationsquellen zu Flexibilitätsmechanismen auf ÜNB-Ebene.

Verwendete Informationen: Industrielast-, PV- und Speicherdaten, verfügbare Flexibilität, betriebliche Einschränkungen und relevante Teilnahmebedingungen auf TSO-Ebene. Eine mögliche Koordination mit der Nutzung auf DSO-Ebene wird, soweit relevant, berücksichtigt.

Technische und betriebliche Einschränkungen: Die Verfügbarkeit von Flexibilität hängt vom Betriebszustand der industriellen Prozesse sowie deren Produktions- und Kühlkettenanforderungen ab. Dieselbe Flexibilität kann nicht gleichzeitig verschiedenen Mechanismen zugewiesen werden.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: Die Teilnahme an bestehenden Flexibilitätsmechanismen auf ÜNB-Ebene hängt von den geltenden Marktzugangs- und Aggregationsbedingungen ab. Die Koordination mit einer möglichen zukünftigen Nutzung auf VNB-Ebene wird daher konzeptionell bewertet.

Hauptanwendungsfall – UC-AT-03

Auslöser: Es wird ein relevanter Flexibilitätsmechanismus auf TSO-Ebene identifiziert, um die potenzielle Teilnahme der Industriestandorte zu bewerten.

Bewertung: Die verfügbare industrielle Flexibilität und ihre betrieblichen Einschränkungen werden mit den relevanten Teilnahmebedingungen auf TSO-Ebene verglichen. Eine mögliche Koordination mit der Nutzung auf DSO-Ebene wird, sofern relevant, berücksichtigt.

Entscheidung: Geeignete Beteiligungsoptionen und potenzielle Überschneidungen zwischen der Nutzung auf TSO- und DSO-Ebene werden identifiziert. Mögliche Koordinierungsoptionen werden unter Berücksichtigung der betrieblichen Einschränkungen der Industriestandorte bewertet.

Aktivierung: Die identifizierten Optionen werden anhand eines konzeptionellen Beteiligungs- und Koordinierungsszenarios dargestellt.

Überwachung und Ergebnis: Die potenzielle Eignung und der Nutzen der identifizierten Optionen werden bewertet. Rückmeldungen der Industriestandorte und des Pilot-Ökosystems unterstützen die Formulierung von Empfehlungen für eine mögliche zukünftige Beteiligung und eine mehrstufige Flexibilitätskoordination.

3.2.3 Pilotstandort Nr. 3: Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt

Übersicht über den Pilot-Anwendungsfall

Der bulgarisch-griechische Pilotstandort ist ein transnationaler Industriecluster, der sich über zwei benachbarte und miteinander verbundene Regelzonen erstreckt: die von dem bulgarischen ÜNB ESO betriebene Regelzone Sofia und die von dem griechischen ÜNB IPTO betriebene Regelzone

Thessaloniki. Die beiden Regelzonen sind durch die grenzüberschreitende Übertragungsverbindung zwischen Bulgarien und Griechenland verbunden, die die physische Grundlage für die grenzüberschreitende Dimension des Pilotprojekts bildet. UPAT fungiert als Pilotkoordinator sowohl für die bulgarische als auch für die griechische Seite.

Auf bulgarischer Seite ist das Pilotprojekt als Industriecluster strukturiert, der von STOMANA Industry geleitet wird und zu dem außerdem SofiaMed und ETEM Gestamp gehören, wodurch stromintensive Prozesse aus den Bereichen Stahl-, Kupfer- und Aluminiumverarbeitung zusammengeführt werden. STOMANA Industry, ein führender Stahlhersteller, dessen Werk vier Hauptproduktionsbereiche umfasst (Schmelzwerk, Blechwalzwerk, Walzwerk und Kugelmühle), zählt zu den fünf größten Stromverbrauchern Bulgariens. STOMANA ist an das Höchstspannungsnetz angeschlossen und betreibt EMS-Anlagen von Schneider Electric. Das Unternehmen nimmt direkt an den von IBEX betriebenen bulgarischen Day-Ahead- und Intraday-Energiemärkten teil, wobei es als eigene „Balance Responsible Party" (BRP) auftritt, und übernimmt im Rahmen des Pilotprojekts zusätzlich die Rolle eines Flexibilitätsaggregators für den von ihm geleiteten bulgarischen Industriecluster. SofiaMed steuert im Rahmen seiner Kupferverarbeitung Gießerei-, Walz- und Strangpressprozesse bei, unterstützt durch eine Energieüberwachung auf Standort- und Prozessebene. ETEM Gestamp steuert Lasten aus der Aluminiumstrangpressung und der nachgelagerten Verarbeitung sowie die PV-Erzeugung vor Ort bei und nutzt dabei die EMS-Infrastruktur von Schneider.

Auf griechischer Seite umfasst das Pilotprojekt den HELLENiQ ENERGY-Industriekomplex in Thessaloniki, eine Hydro-Skimming-Raffinerie, die einen kontinuierlichen Raffinationsprozess durchführt, der mit der Rohöldestillation beginnt und sich über die Sekundärverarbeitung und die Hydrobehandlung bis hin zur damit verbundenen petrochemischen Produktion erstreckt. Der Komplex ist an das IPTO-Übertragungsnetz angeschlossen, betreibt die EMS-Systeme Powernet und Protasis Zenon und verfügt über eine umfangreiche Telemetrie-Infrastruktur. Er nimmt über einen Aggregator – und nicht direkt – an den von HEnEx betriebenen griechischen Day-Ahead- und Intraday-Energiemärkten teil.

Die Fördervereinbarung (GA) definiert zwei Anwendungsfälle für das bulgarisch-griechische Pilotprojekt: einen auf die bulgarische Seite beschränkten grenzinternen Clustering-Anwendungsfall (GA-UC#1) und einen grenzüberschreitenden Clustering-Anwendungsfall für industrielle Flexibilität, der beide Regelzonen umfasst (GA-UC#2). Im Gegensatz zum italienischen Pilotprojekt hat das bulgarisch-griechische Konsortium die ursprüngliche Struktur mit zwei Anwendungsfällen ohne Umstrukturierung beibehalten, da die beiden Anwendungsfälle bereits zwei unterschiedlichen und sich ergänzenden Systemperimetern entsprechen und der zweite direkt auf dem ersten aufbaut. Die im Rahmen von T2.3 durchgeführten Modellierungsarbeiten haben jedoch den Marktumfang beider Anwendungsfälle im Lichte der tatsächlich von den teilnehmenden Industriebetrieben eingenommenen Marktrollen und der durch die Pilotumfrage gewonnenen Erkenntnisse präzisiert. Die Zuordnung zu den ursprünglichen GA-Anwendungsfällen sieht wie folgt aus:

- **UC-BGGR-01 – Die aggregierte industrielle Flexibilität innerhalb Bulgariens** deckt die Dimension der innerstaatlichen Clusterbildung von GA-UC#1 ab. Die GA sah eine Teilnahme am bulgarischen Großhandels- und Reservemarkt vor, wobei STOMANA sowohl als BRP als auch als BSP fungierte. Der modellierte Anwendungsfall behält die Teilnahme am bulgarischen Day-Ahead-Markt bei, beschränkt die Ausgleichsdimension jedoch auf den

Ausgleichsenergiemarkt, wobei STOMANA als BRP fungiert. Die Teilnahme als BSP am Reservekapazitätsmarkt wird zum jetzigen Zeitpunkt nicht behandelt, da hierfür eine Vorqualifizierung des aggregierten Clusters erforderlich wäre, die derzeit nicht vorliegt. Dies ist eine bewusste Eingrenzung auf das, was auf der Grundlage der verfügbaren Fakten glaubwürdig modelliert und bewertet werden kann, und keine Einschränkung der Gesamtziele des Pilotprojekts.

- **UC-BGGR-02 – Die aggregierte grenzüberschreitende industrielle Flexibilität zwischen Bulgarien und Griechenland** deckt GA-UC#2 ab. Der Anwendungsfall beschreibt ein Szenario, in dem die Flexibilität des bulgarischen Clusters implizit, d. h. ohne zentrale Plattform, am griechischen Ausgleichsmarkt teilnimmt, der von IPTO über den zertifizierten Flexibilitätsaggregator PPC betrieben wird, wobei die auf den Verbindungsleitungen verbleibende Marge genutzt wird, da die Abwicklung des griechischen Reservemarktes der Abwicklung des Day-Ahead-Marktes folgt. Der modellierte Anwendungsfall behält dieses Szenario bei und erweitert es zu einer vergleichenden Bewertung: Die Gebote werden für die Day-Ahead- und Ausgleichsenergiemärkte auf beiden Seiten der Grenze optimiert, sodass das marktübergreifende Arbitragepotenzial und der Wert der verfügbaren Verbindungsmarge quantifiziert und nicht nur angenommen werden.

In beiden Anwendungsfällen dient die iFAAP-Plattform als gemeinsames technologisches Rückgrat, das über der industriellen EMS-Ebene an den beiden Pilotstandorten angesiedelt ist. Beide Anwendungsfälle stützen sich auf dieselbe Methodik zur Flexibilitätscharakterisierung, bei der jeder industrielle Prozess einem Flexibilitätsarchetyp, einer Klasse und einem Subtyp zugeordnet wird und der daraus resultierende Betriebsbereich als Einschränkungssatz für die Optimierung verwendet wird. Beide stützen sich zudem auf die in T4.1 entwickelten Mechanismen zur proaktiven Nachfrage- und Flexibilitätsprognose sowie auf die in T4.2 entwickelten Prognosen zu Energiemarktpreisen und Flexibilitätsauslastung, die beide von UPAT geleitet wurden. Der Reifegrad beider Anwendungsfälle wird als „Zukunft" eingestuft: Weder das inländische noch das grenzüberschreitende Aggregat agiert derzeit als aggregierte Bietereinheit, weshalb sie im Rahmen des Pilotprojekts durch Modellierung und Simulation auf der Grundlage gemessener Anlagendaten bewertet werden.

TABELLE35 : PILOTPROJEKT NR. 3 – ÜBERSICHT ÜBER DIE ANWENDUNGSFÄLLE

UC-ID	Titel des Anwendungsfalls	Schwerpunkt
UC-BGGR-01	Bündelung der industriellen Flexibilitätsressourcen innerhalb der bulgarischen Landesgrenzen	Bündelung der Flexibilität des STOMANA-Clusters innerhalb des Regelbereichs Sofia und Entwicklung eines strategischen Gebotsansatzes für den bulgarischen Day-Ahead- und Regelenergiemarkt über iFAAP, wobei STOMANA als Cluster-Aggregator und BRP fungiert
UC-BGGR-02	Aggregation der grenzüberschreitenden industriellen Flexibilität zwischen Bulgarien und Griechenland	Bewertung der Machbarkeit und des Nutzens einer Aggregation des STOMANA-Clusters zusammen mit HELLENiQ ENERGY über die Ausgleichsgebiete von ESO und IPTO hinweg unter Nutzung der verfügbaren Verbindungsreserve zwischen

		Bulgarien und Griechenland sowie Quantifizierung des marktübergreifenden Arbitragepotenzials

3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Aggregation der inländischen industriellen Flexibilität in Bulgarien

Anwendungsfallbeschreibung – UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 ist der grundlegende Anwendungsfall des bulgarisch-griechischen Pilotprojekts. Sein Ziel ist es, die innerhalb des von STOMANA Industry geleiteten bulgarischen Inlandsclusters verfügbare industrielle Flexibilität zu bündeln und deren Nutzung über die iFAAP-Plattform zu optimieren, um einen strategischen Gebotsansatz für die bulgarischen Großhandels- und Ausgleichsenergiemärkte zu entwickeln. Der Anwendungsfall spielt sich vollständig innerhalb des Ausgleichsgebiets Sofia ab und umfasst daher einen einzigen Netzbetreiber, ein einziges Marktumfeld und einen einzigen Satz nationaler Marktregeln, was ihn zum einfacheren der beiden Anwendungsfälle und zur natürlichen Grundlage für den grenzüberschreitenden Anwendungsfall UC-BGGR-02 macht. Die zentrale technische Frage lautet, inwieweit die Dauer und der Zeitplan energieintensiver Fertigungsprozesse verschoben oder verkürzt werden können, wobei ein Gleichgewicht zwischen Geschwindigkeit und den Anforderungen an Produktqualität und Anlagensicherheit gewahrt bleiben muss. Das erwartete Ergebnis ist eine evidenzbasierte Bewertung, welche Prozesse tatsächlich flexibel sind und in welchem Umfang, sowie ein validierter Aggregations- und Bietansatz, der diese Prozessbeschränkungen berücksichtigt.

TABELLE36 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-0: ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-BGGR-01 – Aggregation der industriellen Flexibilität innerhalb Bulgariens
Kurzbeschreibung	Bündelung der industriellen Lasten und Anlagen des STOMANA-Clusters zur Teilnahme an den bulgarischen Großhandels- und Ausgleichsmärkten.
Ziel / Zweck	Optimierung der aggregierten bulgarischen industriellen Flexibilität durch iFAAP und Entwicklung eines strategischen Gebotsansatzes für den bulgarischen Großhandels- und Ausgleichsmarkt (im letzteren wird ausschließlich die Teilnahme am Ausgleichsenergiemarkt als BRP berücksichtigt).
Betroffene Systemebene	Industrieprozesse / Standort-EMS / Aggregationsplattform / bulgarisches Übertragungsnetz / Großhandels- und Reservemärkte.
Erwartetes Ergebnis	Evidenzbasierte Bewertung flexibler Prozesse und ein validierter Aggregations-/Gebotsansatz, der die Anforderungen an Produktionsqualität und Sicherheit berücksichtigt.

Industrieller Kontext – UC-BGGR-01

Der Anwendungsfall wird in drei stromintensiven Industrieumgebungen umgesetzt. Das Flexibilitätspotenzial des Clusters wird maßgeblich von der STOMANA-Schmelzanlage bestimmt, in der Schrott mithilfe von zwei Lichtbogenöfen (bezeichnet als EAF 1 mit 120 MVA und EAF 3 mit 75 MVA), zwei Pfannenöfen (LF 1 und LF 2, jeweils 18 MVA), die Stranggussanlagen (ca. 5 MVA) und eine Vakuumentgasungsanlage (ca. 1 MW) in geschmolzenen Stahl umgewandelt wird. Das Plattenwalzwerk, das Walzwerk und die Kugelmühle vervollständigen die STOMANA-Prozesskette. Diese Prozesse gelten als flexibel, da sie chargenweise ablaufen: Jede Charge zieht für einen begrenzten Zeitraum eine große, im Wesentlichen feste Leistung und kann grundsätzlich innerhalb des Produktionsplans früher oder später gestartet werden, ohne den Gesamtenergiebedarf zu verändern. SofiaMed steuert drei stromintensive Kupferverarbeitungsgruppen bei: Gießerei (7 MW Spitzenlast, ~34 GWh/Jahr), Walzen (~9 MW, ~42 GWh/Jahr) und Strangpressen (~2 MW, ~10 GWh/Jahr). Alle drei werden als umplanbare Prozesse eingestuft, und ihre Flexibilität liegt daher in der Möglichkeit, den Zeitpunkt ihres Betriebs anzupassen, ohne dabei die Produktionsanforderungen zu vernachlässigen. ETEM Gestamp steuert die Aluminiumextrusion (~3,39 MW, 15,57 GWh/Jahr), die Sekundärverarbeitung (1 MW, 4,5 GWh/Jahr) sowie eine weitere industrielle Prozessgruppe (0,8 MW, 0,6 GWh/Jahr) bei, die alle als umplanbare Prozesse mit fester Leistung klassifiziert und mit einer Auflösung von 15 Minuten überwacht werden. Ihre Flexibilität wird vor allem durch die Verschiebung oder Unterbrechung ihres Betriebs innerhalb der durch den Produktionsplan vorgegebenen zulässigen Grenzen erwartet und weniger durch die Variation ihrer Betriebsleistung. Insgesamt ergibt sich ein heterogenes Portfolio an industriellen Flexibilitätsressourcen, das von großen Chargen bei der Stahlherstellung bis hin zu kleineren metallverarbeitenden und Strangpressprozessen reicht. Wie in Abschnitt 2.2.3 berichtet, identifiziert die Erhebung vier flexible Anlagen oder Prozessgruppen bei STOMANA, die alle dem Prozessarchetyp „Umplanbar“ (Klasse A) mit dem Subtyp „Unterbrechbarer Prozess mit fester Leistung“ zugeordnet sind:

- **Schrottschmelze (Lichtbogenöfen):** 195 MVA installierte Leistung, 205,08 GWh/Jahr, 107 MW nicht-koinzidente Spitzenlast, die tagsüber ihren Höchstwert erreicht.
- **Sekundärmetallurgie (Pfannenöfen):** 36 MVA installierte Leistung, 26,53 GWh/Jahr, 34,8 MW Spitzenlast, Spitzenwerte tagsüber.
- **Restlast der Schmelzanlage (Guss):** 13 MVA installierte Leistung, wovon etwa 5 MVA auf den Gussprozess entfallen, 22,59 GWh/Jahr, 11,3 MW Spitzenlast, Spitzenauslastung tagsüber. Von der Gesamtlast der Restlast der Schmelzanlage wird nur der Gussprozess als flexibel angesehen.
- **Filteranlagen:** 17 MVA installierte Leistung, 18,4 GWh/Jahr, 14,4 MW Spitzenlast, Spitzenlast in der Nacht.

Die Motorleistungen der einzelnen Anlagen der Schmelzanlage sind bestätigt, doch die flexible Kapazität, der Zeitpunkt, zu dem sie bereitgestellt werden kann, sowie ihre Verfügbarkeit hängen weiterhin von der Validierung der Prozessgrenzen ab und werden im Rahmen des Pilotprojekts ermittelt. Die maßgebliche Einschränkung für alle Anlagen ist die Gesamtheit der der Stahlherstellung innewohnenden Prozessgrenzen in Verbindung mit dem Produktionsplan sowie den Anforderungen an Qualität, Sicherheit und Wartung. Die Flexibilität wird auf der Ebene des industriellen EMS

gesteuert, wobei die Koordination auf Cluster-Ebene erfolgt; die detaillierten Regelungen zur Automatisierung und Steuerungshoheit bedürfen noch der Validierung durch die Partner.

Bei SofiaMed identifiziert die Untersuchung drei große stromintensive Prozessgruppen als umplanbare Lasten:

- **Gießerei:** 33,88 GWh/Jahr, Spitzenlast von 7,01 MW, tagsüber.
- **Walzwerk:** 41,83 GWh/Jahr, Spitzenlast von 8,77 MW, tagsüber.
- **Strangpressen:** 9,74 GWh/Jahr, Spitzenlast von 1,76 MW, tagsüber.

Der Beitrag von SofiaMed konzentriert sich daher auf drei aufeinanderfolgende Stufen der Kupferverarbeitung mit unterschiedlichem Stromverbrauch, wobei das Walzen den größten Anteil am gemeldeten Strombedarf ausmacht, gefolgt von Gießerei und Strangpressen. Ihre Einstufung als umplanbare Prozesse deutet darauf hin, dass Flexibilität in erster Linie durch den Zeitpunkt und die Abfolge der Produktionsaktivitäten entstehen soll.

Bei ETEM Gestamp identifiziert die Untersuchung drei Prozessgruppen unter dem Archetyp „umplanbarer Prozess" (Klasse A) mit dem Subtyp „unterbrechbarer Prozess mit fester Leistung":

- **Aluminiumstrangpressen:** 15,57 GWh/Jahr, beobachtete Spitzenlast 3,39 MW.
- **Sekundärverarbeitung:** 4,47 GWh/Jahr, beobachtete Spitzenlast 1,01 MW.
- **Zusätzliche industrielle Prozessgruppe:** 0,56 GWh/Jahr, beobachtete Spitzenlast 0,82 MW.

Das Flexibilitätsprofil konzentriert sich hier auf die Belastung durch Aluminiumstrangpressen und die nachgelagerte Weiterverarbeitung, deren Bedarf je nach Produktionsplan erheblich schwankt. Die bereitgestellten Messdaten zeigen Phasen mit reduzierter Prozessauslastung, was darauf hindeutet, dass die Anlagenverfügbarkeit eng mit dem Betriebszustand der Produktionslinien verbunden ist. Im Gegensatz zu SofiaMed betreibt ETEM zudem eine 4-MW-Photovoltaikanlage vor Ort, wodurch eine zusätzliche Koordinationsdimension zwischen Produktionsbedarf und lokaler Erzeugung aus erneuerbaren Energien entsteht.

TABELLE37 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-01 – INDUSTRIELLER KONTEXT DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Industriesektor	Stahlherstellung (Lichtbogenstahlherstellung), Kupfer- und Aluminiumverarbeitung.
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	STOMANA-Schmelzwerk (angegebene Einheiten: EAF 1 120 MVA, EAF 3 75 MVA, LF 1 18 MVA, LF 2 18 MVA, Gießanlagen 5 MW und VD ~1 MW), Plattenwalzwerk, Walzwerk und Kugelmühle. SofiaMed: Gießerei ~7 MW, Walzwerk ~9 MW und Strangpressverfahren ~2 MW. ETEM: Aluminium-Strangpressverfahren ~3 MW und sonstige Prozesse ~2 MW.
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Zu den in Frage kommenden Flexibilitätsquellen zählen die gemeldeten STOMANA-Bogenöfen (EAF)/Luftöfen (LF), Gieß-, VD- und Filteranlagen; die Gießerei-, Walz- und Strangpressprozesse von SofiaMed; sowie die Aluminium-Strangpress- und Sekundärverarbeitungslasten von ETEM Gestamp. Die jeweiligen

	Erhebungen stufen diese Prozesse als umplanbar/unterbrechbar ein, während die tatsächliche flexible Kapazität, der Zeitpunkt und die Dauer noch einer Validierung auf Prozessebene unterliegen.
Flexibilitätsumfang	Industriecluster mit mehreren Standorten (hinter STOMANA im Ausgleichsgebiet Sofia aggregiert).
Steuerungsebene	Industrielles Energiemanagementsystem (EMS) mit koordinierter Aggregation; die Befugnisse für detaillierte Automatisierung und Steuerung bedürfen der Validierung durch die Partner.

Markt- und Systemkontext – UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 befasst sich mit zwei Mechanismuskategorien innerhalb des bulgarischen Marktumfelds: Großhandelsenergie über den von IBEX betriebenen Day-Ahead-Markt und Ausgleichsenergie über den von ESO betriebenen Markt, wobei STOMANA als eigene Balance Responsible Party fungiert. Die Leistungskapazität von STOMANA rechtfertigt diese Rolle, und der Standort nimmt bereits direkt an den bulgarischen Day-Ahead- und Intraday-Märkten teil, was bedeutet, dass der Anwendungsfall auf einer bestehenden Marktposition aufbaut, anstatt eine neue zu schaffen; neu ist die Aggregation der Flexibilität des Clusters hinter dieser Position und die systematische Optimierung der daraus resultierenden Gebote. Die Teilnahme als BSP am Reservekapazitätsmarkt wird in dieser Phase nicht behandelt. Der Anwendungsfall wird eher durch Marktsignale und Preisprognosen als durch eine Netzbeschränkung ausgelöst, und sein Mehrwert ist dementsprechend wirtschaftlicher Natur: die Senkung der kombinierten Energie- und Ausgleichsstromkosten des aggregierten Clusters bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Produktionsqualität und -sicherheit, verbunden mit einem zusätzlichen Lernwert hinsichtlich des realistischen Flexibilitätsspielraums der Schwermetallverarbeitungsindustrie. Der Reifegrad wird als „Zukunft" eingestuft, da der Cluster bisher noch nicht als aggregierte Bietereinheit agiert hat.

TABELLE38 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-01 – SCHLÜSSEL-ANWENDUNGSFALL – MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismuskategorie	Großhandelsenergie (Day-Ahead-Markt) / Ausgleichsenergiemarkt (als BRP).
Zielmarkt	Bulgarischer Day-Ahead-Markt, betrieben von IBEX / Bulgarischer Ausgleichsenergiemarkt, betrieben von ESO.
Auslösekategorie	Marktsignal / Prognose / Anfrage eines Aggregators.
Reifegrad	Zukunft (der Cluster agiert noch nicht als aggregierte Bietereinheit; der Anwendungsfall wird anhand von Modellierung und Simulation auf der Grundlage von Daten der Kraftwerke bewertet).
Primärer Werttreiber	Umsatz-/Kostenoptimierung / Marktteilnahme / Lernen.

Umsatz / Nutzenstrom	Senkung der gesamten Stromkosten (Energie und Ausgleich) des Industrieclusters durch Verlagerung des Bedarfs in preisgünstigere Zeiträume und durch Verbesserung der Ausgleichsbilanz des Clusters.

Anwendungsfall-Akteure – UC-BGGR-01

STOMANA: Industriestandort und bulgarischer Cluster-Aggregator. Stellt die Schmelz- und Walzprozesse bereit, die die verfügbare Flexibilität ausmachen, fungiert als aggregierende Einheit für den inländischen Cluster und übernimmt die Rolle des BRP, über den die aggregierte Position auf den bulgarischen Märkten zum Ausdruck kommt.

ESO: Bulgarischer Übertragungsnetzbetreiber und Betreiber des Ausgleichsgebiets Sofia. Legt den Rahmen für den Ausgleichsmarkt und die für BRPs geltenden Regeln fest, innerhalb derer der aggregierte Cluster agiert.

iFAAP und Technologieanbieter: Prognostizieren, aggregieren und optimieren die Flexibilität des Clusters. Innerhalb der Plattform ist die Verantwortung aufgeteilt zwischen den von UPAT im Rahmen von T4.1 und T4.2 entwickelten Komponenten zur Nachfrage- und Preisprognose, die die Nachfrage- und Marktpreisprognosen für den nächsten Tag erstellen, und der von CARTIF entwickelten Komponente zur Bündelung der Nachfragflexibilität, die die verfügbare Flexibilität anhand von Archetypen charakterisiert und die optimalen Day-Ahead- und Ausgleichsenergieangebote ableitet.

Industrielles EMS: Stellt die Daten- und Steuerungsintegration auf Industrieebene bereit, übermittelt die gemessenen Verbrauchs- und Prozesszustände an iFAAP und leitet die daraus resultierenden Zeitpläne zurück an die Anlage.

Anwendungsfall Betrieb – UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 wird durch die Verfügbarkeit von Prognosen der bulgarischen Day-Ahead- und Ausgleichsenergiepreise für den folgenden Liefertag angestoßen, die von den von UPAT entwickelten Komponenten zur Nachfrage- und Preisprognose von iFAAP erstellt werden. Diese Prognosen werden mit Prognosen zum Anlagen- und Prozessbedarf sowie mit einer Charakterisierung der verfügbaren Flexibilität, die über das Archetyp-Framework ausgedrückt wird, kombiniert – zusammen mit den vom Cluster für den nächsten Tag gemeldeten Betriebsbeschränkungen, zu denen geplante Wartungsarbeiten und Abschaltungen gehören. Auf dieser Grundlage ermittelt die von CARTIF entwickelte Komponente zur Bündelung der Nachfragerflexibilität von iFAAP in Zusammenarbeit mit dem Cluster-Aggregator die optimale Gebotsstrategie: Zunächst werden die Day-Ahead-Gebote für den aggregierten bulgarischen Cluster erstellt, anschließend werden unter Berücksichtigung der bereits im Day-Ahead-Markt eingenommenen Position die Ausgleichsenergiegebote abgeleitet. Die erwartete Maßnahme ist daher die Formulierung und Einreichung eines kohärenten Satzes aggregierter Gebote über die beiden Marktzeiträume hinweg, und das erwartete Ergebnis ist, dass diese Gebote angeboten und, sofern sie angenommen werden, erbracht werden, ohne die Produktionsqualität und -sicherheit zu beeinträchtigen.

TABELLE39 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-01 ANWENDUNGSFALL „BETRIEB“

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Prognose der Preise auf dem bulgarischen Day-Ahead-Markt und der Ausgleichsenergiepreise.
Eingabedaten / Variablen	Anlagen- und Prozessbedarfsprognosen; Flexibilitätscharakterisierung anhand von Archetypen; Marktpreisprognosen; Day-Ahead-Betriebsbeschränkungen der relevanten Archetypen (einschließlich Wartungsarbeiten und geplanter Abschaltungen).
Entscheidungslogik	iFAAP / Cluster-Aggregator, wobei die Bedarfs- und Preisprognosen von UPAT bereitgestellt und die Bedarfsflexibilität von CARTIF gebündelt werden. Die Plattform optimiert die aggregierte Flexibilität unter Berücksichtigung der prognostizierten Preise und im Rahmen der Betriebsgrenzen der Archetypen, und der Cluster-Aggregator bestätigt die daraus resultierende Gebotsstrategie in seiner Funktion als BRP.
Erwartete Maßnahme	Erstellung von Day-Ahead-Markt- und Ausgleichsenergieangeboten für den aggregierten bulgarischen Cluster.
Erwartetes Ergebnis	Abgabe aggregierter Gebote unter Wahrung der Produktionsqualität und -sicherheit.

Systeme, Daten und Einschränkungen – UC-BGGR-01

Beteiligte Systeme: EMS-Installationen von Schneider Electric bei STOMANA und ETEM Gestamp sowie das von SofiaMed gemeldete EMS; industrielle Überwachungs- und Steuerungssysteme; die Aggregations- und Optimierungsplattform iFAAP; und die Schnittstellen zu den bulgarischen Marktplattformen (IBEX für den Day-Ahead-Markt, ESO für Ausgleichsenergie).

Verwendete Informationen: Bedarfsprognosen für Anlagen und Prozesse; Charakterisierung der Flexibilität anhand von Archetypen; Marktpreisprognosen für den bulgarischen Day-Ahead- und Ausgleichsenergiemarkt; gemessener Verbrauch in 15-Minuten-Intervallen zusammen mit den entsprechenden historischen Zeitreihen.

Technische und betriebliche Einschränkungen: Betriebsbeschränkungen der relevanten Archetypen, insbesondere der unterbrechbare Charakter der Schmelzwerkprozesse mit fester Leistung; Prozessgrenzen; Produktionsplan; Produktqualität, Anlagensicherheit und Wartungsauflagen. Von der Restlast des Schmelzwerks wird nur der Gießprozess als flexibel betrachtet. Die Daten werden derzeit durch manuellen Export abgerufen, was den erreichbaren Automatisierungsgrad einschränkt, bis eine automatisierte Schnittstelle eingerichtet ist.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: Für BRPs geltende bulgarische Marktregeln. Die Teilnahme am Reservekapazitätsmarkt als BSP liegt außerhalb des Umfangs des modellierten Anwendungsfalls.

Hauptszenario des Anwendungsfalls – UC-BGGR-01

Auslöser: Für den folgenden Liefertag werden die betrieblichen Einschränkungen der relevanten Archetypen, einschließlich geplanter Wartungsarbeiten und Stilllegungen, verfügbar (Schritt 1); anschließend werden die Nachfrage- sowie Energie- und Ausgleichspreisprognosen für den bulgarischen Markt von den von UPAT entwickelten Nachfrage- und Preisprognosekomponenten von iFAAP erstellt (Schritt 2).

Bewertung: Die von CARTIF entwickelte Komponente zur Bündelung der Nachfragerflexibilität von iFAAP charakterisiert die Flexibilität, die jeder teilnehmende Prozess innerhalb seines archetypischen Betriebsrahmens bereitstellen kann, unter Berücksichtigung des Produktionsplans sowie der vom Standort gemeldeten Qualitäts-, Sicherheits- und Wartungsbeschränkungen, und aggregiert diese zu einem Flexibilitätsprofil auf Cluster-Ebene.

Entscheidung: Dieselbe Komponente ermittelt die optimalen Gebote für den bulgarischen Day-Ahead-Markt (Schritt 3) und anschließend die optimalen Gebote für den bulgarischen Ausgleichsenergiemarkt unter Berücksichtigung der bereits im Day-Ahead-Markt eingenommenen Position (Schritt 4). STOMANA bestätigt als Cluster-Aggregator und BRP die daraus resultierende Strategie.

Aktivierung: Die bestätigten Gebote werden von STOMANA in ihrer Funktion als BRP an die bulgarischen Märkte übermittelt, und die daraus resultierenden Zeitpläne werden an das industrielle EMS weitergeleitet, das den Zeitpunkt und die Dauer der betreffenden Prozesse entsprechend anpasst.

Überwachung und Ergebnis: Der gelieferte Verbrauch wird in 15-Minuten-Intervallen gemessen und mit der geplanten Position verglichen. Die für den Industriecluster definierten KPIs, die in Abschnitt 4.2.3 vorgestellt werden, werden anschließend von den Konsortialpartnern unter der Leitung von UPAT bewertet (Schritt 5).

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Aggregierte grenzüberschreitende industrielle Flexibilität BG/GR

Anwendungsfallbeschreibung – UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 erweitert die in UC-BGGR-01 etablierte Aggregationslogik über einen einzelnen Regelbereich hinaus. Er bewertet die Machbarkeit einer Aggregation des STOMANA-Clusters zusammen mit dem HELLENiQ ENERGY-Industriekomplex in Thessaloniki, d. h. von Industriebetrieben, die in zwei unterschiedlichen, aber miteinander verbundenen lokalen Regelzonen liegen, von denen eine unter die Zuständigkeit des griechischen ÜNB IPTO und die andere unter die Zuständigkeit des bulgarischen ÜNB ESO fällt und die durch eine grenzüberschreitende Übertragungsleitung verbunden sind. Der Anwendungsfall bewertet, inwieweit eine grenzüberschreitende Flexibilitätsaggregation zwischen den Gebieten von ESO und IPTO unter Ausnutzung der verfügbaren Verbundkapazität tatsächlich machbar ist, und vergleicht die Marktbedingungen auf beiden Seiten der Grenze, um das Potenzial für marktübergreifende Arbitrage zu quantifizieren. Wie in der Rahmenvereinbarung vorgesehen, erfolgt die Einbindung der Flexibilitätsressourcen des bulgarischen Clusters in den griechischen Ausgleichsmarkt implizit, d. h.

ohne zentrale Plattform und über einen zertifizierten Flexibilitätsaggregator; dabei wird berücksichtigt, dass die Abwicklung des griechischen Reservemarktes erst nach der Abwicklung des Day-Ahead-Marktes erfolgt, sodass die auf den Verbindungsleitungen verbleibende Kapazitätsreserve für Ausgleichszwecke genutzt werden kann. Das erwartete Ergebnis ist eine quantifizierte Bewertung des grenzüberschreitenden Arbitragepotenzials, die durch die Auswertung und den Vergleich der Marktbedingungen in beiden Ländern gewonnen wird, ohne die Produktionsbeschränkungen der beteiligten Industriebetriebe oder die Netzbeschränkungen eines der beiden Systeme zu verletzen.

TABELLE40 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-02: ALLGEMEINE PARAMETER DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Anwendungsfall-ID und Titel	UC-BGGR-02 – Gesamtflexibilität der Industrie im grenzüberschreitenden Verkehr zwischen Bulgarien und Griechenland
Kurzbeschreibung	Bewertung der grenzüberschreitenden Aggregation des STOMANA-Clusters und von HELLENiQ ENERGY im Hinblick auf eine flexible Teilnahme an den Großhandels- und Ausgleichsenergiemärkten beider Länder.
Ziel / Zweck	Bewertung einer realisierbaren grenzüberschreitenden Flexibilitätsaggregation über die ESO- und IPTO-Gebiete hinweg unter Ausnutzung der verfügbaren Verbundreserve.
Betroffene Systemebene	EMS / Aggregator / iFAAP / bulgarische und griechische ÜNB / Ausgleichsmarkt.
Erwartetes Ergebnis	Erkundung des Potenzials für marktübergreifende Arbitrage durch Bewertung und Vergleich der Marktbedingungen in beiden Ländern.

Industrieller Kontext – UC-BGGR-02

Der grenzüberschreitende Cluster vereint zwei sehr unterschiedliche Industrieprofile. Auf der bulgarischen Seite umfasst der Cluster dieselben drei Unternehmen wie bei UC-BGGR-01: STOMANA, SofiaMed und ETEM Gestamp. Auf der griechischen Seite betreibt der Industriekomplex HELLENiQ ENERGY in Thessaloniki einen kontinuierlichen Raffinationsprozess, Sekundärverarbeitung und Hydrotreating sowie die damit verbundene petrochemische Produktion.

Der Unterschied im Prozesscharakter zwischen den beiden Seiten ist das bestimmende Merkmal dieses Anwendungsfalls. Die bulgarischen Stahlproduktionslasten sind chargenartig, unterbrechbar und leistungsfest und daher zeitlich umplanbar. Die griechischen Raffinerieprozesse sind kontinuierlich, und wie in der Pilotumfrage berichtet, sind Prozessanpassungen selten und produktionsbedingt. Die einzige flexible Anlage, die für den griechischen Standort gemeldet wurde, ist der Extrudermotor der Polypropylen-Produktionslinie mit einer installierten Leistung von 5,4 MW,

einem Jahresverbrauch von ca. 70,5 GWh und einer Spitzenlast von 4,67 MW. Er wird dem Prozessarchetyp „Umplanbar" mit dem Subtyp „Unterbrechungsfreier, leistungsanpassbarer Prozess" zugeordnet, d. h. einem Prozess, dessen Leistungsniveau moduliert werden kann, der jedoch nicht unterbrochen werden kann. Bis zu maximal 1 MW seines Verbrauchs kann angepasst werden, und die wichtigsten Einschränkungen sind die Prozessanforderungen und die wirtschaftlichen Erfordernisse des Werks; es gibt keine spezifische Spitzenverbrauchszeit, da die Schwankungen im Energieverbrauch von der hergestellten Polypropylen-Sorte abhängen. Aktuelle und historische Daten sind in stündlicher Auflösung durch manuellen Export verfügbar, was eine gröbere Auflösung darstellt als die auf der bulgarischen Seite verfügbaren 15-Minuten-Daten. Die Steuerung erfolgt über das Powernet und das Zenon-EMS bei HELLENiQ sowie über die EMS-Anlagen von Schneider Electric bei STOMANA.

TABELLE41 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-02 – INDUSTRIELLER KONTEXT DES SCHLÜSSELANWENDUNGSFALLS

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Industriesektor	Stahlherstellung, Kupferverarbeitung und Aluminiumverarbeitung (BG); Ölraffinerien und Petrochemie (GR).
Wichtigste relevante industrielle Prozesse	STOMANA-Schmelzwerkseinheiten und -Walzwerke sowie HELLENiQ-Anlagen für kontinuierliche Veredelung, Sekundärverarbeitung und Hydrotreating, SofiaMed-Gießerei, Walz- und Strangpressverfahren, ETEM Gestamp-Aluminiumstrangpressen sowie Sekundärverarbeitung.
Wichtigste flexible energieverbrauchende Prozesse	Zu den in Frage kommenden bulgarischen Prozessen gehören die STOMANA-EAF/LF-, Gießerei- und VD-Anlagen, deren Motorleistungen bestätigt sind, während die flexible Kapazität und Verfügbarkeit weiterhin von den Prozessgrenzen abhängen. HELLENiQ berichtet, dass Prozessanpassungen selten sind und durch die Produktion begrenzt werden; als flexible Anlage wird der Motor des Polypropylen-Extruders angegeben, dessen Verbrauch um bis zu 1 MW angepasst werden kann.
Flexibilitätsskala	Grenzüberschreitender Industriecluster mit mehreren Standorten.
Steuerungsebene	Powernet und Zenon EMS bei HELLENiQ; EMS-Installationen von Schneider Electric bei STOMANA.

Markt- und Systemkontext – UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 befasst sich gleichzeitig mit dem Energiegroßhandel und der Ausgleichsenergie in zwei nationalen Marktumgebungen. Auf bulgarischer Seite sind die relevanten Märkte der von IBEX betriebene Day-Ahead-Markt, an dem STOMANA direkt teilnimmt, und der von ESO betriebene Ausgleichsenergiemarkt, in dem STOMANA als BRP auftritt. Auf griechischer Seite sind die relevanten Märkte der von HEnEx betriebene Day-Ahead-Markt, an dem HELLENiQ über einen Aggregator teilnimmt, sowie der von IPTO betriebene Ausgleichsenergiemarkt. In Übereinstimmung mit der GA wird der Zugang der Flexibilität des bulgarischen Clusters zum griechischen Ausgleichsmarkt als implizite Teilnahme über den zertifizierten Flexibilitätsaggregator PPC konzipiert, der die

Ausgleichsgebote im Namen des gesamten grenzüberschreitenden Clusters optimieren würde; STOMANA nimmt nicht direkt am griechischen Markt teil. Der Anwendungsfall wird durch Marktsignale und Preisprognosen auf beiden Seiten der Grenze ausgelöst, und die Abfolge der Marktabwicklung im griechischen Markt, bei der der Reservemarkt nach dem Day-Ahead-Markt abgewickelt wird, schafft die Möglichkeit, die verbleibende Verbindungsmarge für Ausgleichszwecke zu nutzen. Das Wertversprechen verbindet die Kostenoptimierung für die teilnehmenden Industriestandorte mit dem Arbitragewert, der sich aus den unterschiedlichen Marktbedingungen zwischen den beiden Ländern ergibt, sowie mit dem Lernwert, der darin besteht, festzustellen, welche grenzüberschreitende Aggregation industrieller Flexibilität unter den aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen tatsächlich machbar ist. Der Reifegrad wird als „Zukunft" eingestuft.

TABELLE42 : PILOTPROJEKT NR. 3 – UC-BGGR-02 – WICHTIGER ANWENDUNGSFALL: MARKT- UND SYSTEMKONTEXT

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Mechanismuskategorie	Großhandelsenergie (Day-Ahead-Markt) / Ausgleichsenergiemarkt (als BRP) / Grenzüberschreitende Aggregation.
Zielmarkt	Bulgarischer Day-Ahead-Markt (IBEX) und Ausgleichsenergiemarkt (ESO); griechischer Day-Ahead-Markt (HEnEx) und Ausgleichsenergiemarkt (IPTO), wobei der Zugang zum letzteren implizit über den zertifizierten Flexibilitätsaggregator PPC erfolgt.
Auslösekategorie	Marktsignal / Prognose / Anfrage des Aggregators.
Reifegrad	Zukunft (derzeit nimmt keine grenzüberschreitend aggregierte Einheit an einem der beiden Märkte teil; der Anwendungsfall wird als Szenario bewertet).
Primärer Werttreiber	Umsatz / Kostenoptimierung / Marktteilnahme / Lernen.
Einnahmen-/Ertragsstrom	Reduzierung der gesamten Stromkosten (Energie und Ausgleich) im grenzüberschreitenden Cluster sowie der durch die BG–GR-Verbindung erzielte marktübergreifende Arbitragewert, der sich im Volumen des grenzüberschreitenden Energiehandels widerspiegelt.

Anwendungsfall-Akteure – UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: Griechischer Industrieverbraucher, der Last und potenzielle Flexibilität bereitstellt. Stellt den regelbaren Anteil seiner Polypropylen-Extrusionslast sowie die damit verbundenen prozesstechnischen und wirtschaftlichen Einschränkungen zur Verfügung.

STOMANA-Cluster: Bulgarischer Industriecluster und Teilnehmer an der Flexibilitätsaggregation. Bringt die in UC-BGGR-01 ermittelte aggregierte Flexibilität in die grenzüberschreitende Bewertung ein.

IPTO: Griechischer Übertragungsnetzbetreiber und Betreiber des Ausgleichsgebiets Thessaloniki. Definiert den Rahmen des griechischen Ausgleichsmarktes und legt gemeinsam mit ESO die für den folgenden Tag verfügbare Verbindungsleitungskapazität fest.

ESO: Bulgarischer Übertragungsnetzbetreiber und Betreiber des Regelbereichs Sofia. Definiert den Rahmen für den bulgarischen Regelmarkt und legt gemeinsam mit IPTO die verfügbare Verbindungsmarge fest.

iFAAP und Technologieanbieter: Prognostizieren, aggregieren und optimieren die Flexibilität des grenzüberschreitenden Clusters unter Berücksichtigung der kombinierten Verfügbarkeit, der Marktbedingungen auf beiden Seiten der Grenze und industrieller Einschränkungen. Wie in UC-BGGR-01 werden die Komponenten zur Nachfrage- und Preisprognose von UPAT im Rahmen von T4.1 und T4.2 entwickelt, die Komponente zur Bündelung der Nachfragflexibilität von CARTIF.

PPC (zertifizierter Flexibilitätsaggregator): In der GA als zertifizierter Aggregator vorgesehen, über den die Flexibilität des bulgarischen Clusters implizit am von IPTO betriebenen griechischen Ausgleichsmarkt teilnehmen würde, wobei er die Ausgleichsgebote im Namen des gesamten grenzüberschreitenden Clusters optimiert.

Anwendungsfall Betrieb – UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 wird durch die Verfügbarkeit von Prognosen der bulgarischen und griechischen Day-Ahead- und Ausgleichsenergiepreise für den folgenden Liefertag ausgelöst, die von den von UPAT entwickelten Komponenten zur Nachfrage- und Preisprognose von iFAAP erstellt werden. Die von CARTIF entwickelte Komponente zur Bündelung der Nachfragerflexibilität von iFAAP, die als Aggregator oder in dessen Auftrag handelt, bewertet anschließend die kombinierte Verfügbarkeit von Flexibilität auf beiden Seiten der Grenze zusammen mit den Marktbedingungen in beiden Ländern und den von allen teilnehmenden Standorten gemeldeten betrieblichen Einschränkungen, zu denen geplante Wartungsarbeiten und Stilllegungen gehören. Ein entscheidender Eingabewert im Vergleich zu UC-BGGR-01 ist die von den beiden ÜNB für den folgenden Tag zur Verfügung gestellte Verbundkapazitätsreserve, die bestimmt, in welchem Umfang die bulgarische Flexibilität auf griechischer Seite glaubwürdig verwertet werden kann. Auf dieser Grundlage erstellt die Plattform Day-Ahead- und Ausgleichsenergieangebote sowohl für den griechischen als auch für den bulgarischen Markt, wobei das erwartete Ergebnis darin besteht, dass das grenzüberschreitende Flexibilitätsszenario bewertet und quantifiziert wird, ohne Produktionsbeschränkungen an den Industriestandorten oder Netzbeschränkungen in einem der beiden Systeme zu verletzen.

TABELLE43 : PILOTPROJEKT NR. 3 – ANWENDUNGSFALL UC-BGGR-02: BETRIEB

Parameter	Anwendungsfallspezifische Informationen
Auslösendes Ereignis	Prognose der bulgarischen und griechischen Day-Ahead-Markt- und Ausgleichsenergiepreise.
Eingabedaten / Variablen	Prognosen zum Anlagen- und Prozessbedarf; Charakterisierung der Flexibilität anhand von Archetypen; Marktpreisprognosen für beide Länder; von ESO und IPTO bereitgestellte Verbindungsleitungs-Kapazitätsreserven; Day-Ahead-Betriebsbeschränkungen (einschließlich Wartungsarbeiten und geplanter Abschaltungen), die vom bulgarischen Cluster über STOMANA und von HELLENiQ ENERGY mitgeteilt werden.

Entscheidungslogik	Der Aggregator / iFAAP bewertet die kombinierte Verfügbarkeit, die Marktbedingungen und industrielle Einschränkungen und legt die Gebotsstrategie für beide Marktumfelder fest, wobei die Nachfrage- und Preisprognosen von UPAT und die Bündelung der Nachfragerflexibilität von CARTIF bereitgestellt werden.
Erwartete Maßnahme	Erstellung von Day-Ahead-Markt- und Ausgleichsenergie-Geboten sowohl für den griechischen als auch für den bulgarischen Markt.
Erwartetes Ergebnis	Bewertung eines grenzüberschreitenden Flexibilitätsszenarios ohne Verletzung von Erzeugungs- oder Netzbeschränkungen.

Systeme, Daten und Einschränkungen – UC-BGGR-02

Beteiligte Systeme: HELLENiQ Powernet und Zenon EMS; EMS-Installationen von Schneider Electric bei STOMANA; die Aggregations- und Optimierungsplattform iFAAP; sowie die Schnittstellen der Netzbetreiber und Märkte auf beiden Seiten der Grenze (IBEX und ESO auf bulgarischer Seite, HEnEx und IPTO auf griechischer Seite).

Verwendete Informationen: Anforderungsprognosen für Anlagen und Prozesse; Flexibilitätscharakterisierung anhand von Archetypen; Marktpreisprognosen für beide Länder; sowie die von den beiden ÜNB für den folgenden Tag gemeldeten verfügbaren Verbindungskapazitäten.

Technische und betriebliche Einschränkungen: Betriebsbeschränkungen der relevanten Archetypen auf beiden Seiten. Auf bulgarischer Seite: Prozessgrenzen bei STOMANA, Produktionsplan sowie Qualitäts-, Sicherheits- und Wartungsauflagen. Auf griechischer Seite: der kontinuierliche Charakter des Raffinationsprozesses, die Begrenzung der einstellbaren Extruderlast auf maximal 1 MW sowie die Abhängigkeit des Verbrauchs von der in der Produktion verwendeten Polypropylen-Sorte. Die Asymmetrie in der Datenauflösung zwischen den beiden Seiten – 15-Minuten-Intervalle auf bulgarischer Seite und stündliche Intervalle auf griechischer Seite – schränkt die zeitliche Auflösung ein, mit der das grenzüberschreitende Aggregat charakterisiert werden kann.

Markt- und regulatorische Einschränkungen: griechische und bulgarische Marktregeln; die Zulassung von Aggregatoren, da die Flexibilität des bulgarischen Clusters den griechischen Ausgleichsmarkt nur implizit über einen zertifizierten Flexibilitätsaggregator erreichen kann; sowie die Machbarkeit des grenzüberschreitenden Ausgleichs, die durch die nach der Abwicklung des Day-Ahead-Marktes verbleibende Verbindungskapazität begrenzt ist.

Hauptanwendungsszenario – UC-BGGR-02

Auslöser: Für den folgenden Liefertag werden die Betriebsbeschränkungen der relevanten Archetypen, einschließlich geplanter Wartungsarbeiten und Abschaltungen, von STOMANA und HELLENiQ ENERGY bereitgestellt (Schritt 1); Die Nachfrage- sowie Energie- und Ausgleichspreisprognosen für beide Märkte werden von den von UPAT entwickelten Nachfrage- und Preisprognosekomponenten von iFAAP erstellt (Schritt 2); und die Verbindungsleitungs-Kapazitätsreserven für den folgenden Tag werden von ESO und IPTO bereitgestellt (Schritt 3).

Bewertung: Die von CARTIF entwickelte Komponente zur Bündelung der Nachfragflexibilität im Rahmen von iFAAP bewertet die auf beiden Seiten der Grenze innerhalb der jeweiligen archetypischen Betriebsbereiche verfügbare Gesamtflexibilität, vergleicht die Marktbedingungen in den beiden Ländern und ermittelt, wie viel der verfügbaren Flexibilität unter Berücksichtigung der Verbundreserve grenzüberschreitend verwertet werden kann.

Entscheidung: Dieselbe Komponente ermittelt die optimalen Gebote für den Day-Ahead-Markt (Schritt 4) und – unter Berücksichtigung der daraus resultierenden Positionen – die optimalen Gebote für den Ausgleichsenergiemarkt (Schritt 5), sowohl für die bulgarische als auch für die griechische Seite. Die teilnehmenden Industriestandorte bestätigen, dass die daraus resultierenden Fahrpläne mit ihren Produktionsplänen vereinbar sind.

Aktivierung: Die Gebote werden an die jeweiligen Märkte übermittelt – auf bulgarischer Seite direkt von STOMANA als BRP und auf griechischer Seite über den zertifizierten Flexibilitätsaggregator – und die daraus resultierenden Zeitpläne werden an die industriellen EMS der einzelnen Standorte weitergeleitet.

Überwachung und Ergebnis: Der gelieferte Verbrauch wird gemessen und auf beiden Seiten mit den geplanten Positionen verglichen. Die für den Industriecluster definierten KPIs, einschließlich des grenzüberschreitend gehandelten Energievolumens, werden anschließend von den Konsortialpartnern unter der Leitung von UPAT ausgewertet (Schritt 6).

3.3 Konsolidiertes Anwendungsfallregister

Die acht Anwendungsfälle, die im Rahmen der drei LEONARDO-Pilotprojekte entwickelt wurden, befassen sich mit verschiedenen Formen und Ebenen industrieller Flexibilität. Sie reichen von der Aggregation und Aktivierung dezentraler Ressourcen über den preisgesteuerten Betrieb bis hin zu lokalen und nationalen Flexibilitätsmechanismen sowie der grenzüberschreitenden Koordination.

Die drei italienischen Anwendungsfälle bilden eine Abfolge von der Aggregation industrieller Lasten und dezentraler Energieressourcen über deren potenzielle Nutzung im nationalen Ausgleichsmarkt bis hin zu einem lokalen Flexibilitätsmarkt innerhalb des CEDIS-Verteilungsgebiets. Die österreichischen Anwendungsfälle kombinieren datenbasierte Bewertungen mit konzeptionellen und szenariobasierten Aktivitäten. Sie befassen sich mit der flexiblen Reaktion der Industrie auf Day-Ahead-Preise, einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf Verteilungsebene sowie den Bedingungen für eine potenzielle Beteiligung und Koordination auf Übertragungsnetzbetreiber-Ebene. Die bulgarisch-griechischen Anwendungsfälle konzentrieren sich auf die Aggregation und marktorientierte Einsatzplanung großer industrieller Lasten, zunächst innerhalb Bulgariens und anschließend über die bulgarischen und griechischen Marktgebiete hinweg.

Pilot	Anwendungsfall und Titel	Schwerpunkt	Erwartetes Ergebnis
Italienisches Pilotprojekt	**UC-IT-01 – Aggregierte Flexibilität aus dezentralen industriellen**	Aggregation und Koordination von industriellen Lasten und dezentralen	Validierter Ansatz für die Planung und Aktivierung aggregierter Flexibilität

	Lasten und Energieressourcen	Energieressourcen mittels FLEXIA	
Italienisches Pilotprojekt	**UC-IT-02 – Teilnahme am nationalen Ausgleichsmarkt**	Mögliche Teilnahme aggregierter Ressourcen am italienischen Ausgleichsmarkt	Bewertung des potenziellen Beitrags des Aggregats zu den nationalen Ausgleichsdiensten
Italienisches Pilotprojekt	**UC-IT-03 – Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes für das Netzmanagement der Verteilernetzbetreiber**	Lokale Flexibilität für Eigenverbrauch, Integration erneuerbarer Energien und Verteilernetzmanagement	Simulierter Betrieb eines lokalen Flexibilitätsmarktes und Bewertung seiner netztechnischen und wirtschaftlichen Auswirkungen
Österreichisches Pilotprojekt	**UC-AT-01 – Untersuchung verschiedener Strategien zur Teilnahme am Energiemarkt in Österreich**	Flexible Reaktion der Industrie auf Day-Ahead-Strompreise unter Berücksichtigung von PV-Anlagen und Speichern vor Ort	Geeignete Betriebsstrategien und quantifizierte potenzielle Vorteile für die Industriestandorte
Österreichisches Pilotprojekt	**UC-AT-02 – Gestaltung eines Flexibilitätsmarktes auf Verteilungsebene**	Möglicher Beitrag der industriellen Flexibilität zu einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmechanismus auf Verteilungsebene	Vorgeschlagener Mechanismus auf Verteilernetzbetreiber-Ebene zur Abstimmung des künftigen Netzbedarfs mit der industriellen Flexibilität
Österreichisches Pilotprojekt	**UC-AT-03 – Koordination der Flexibilität auf mehreren Ebenen**	Voraussetzungen für eine mögliche Beteiligung auf Übertragungsnetzebene und die Koordination mit einer möglichen Nutzung auf Verteilernetzbetreiberebene	Bewertung der Beteiligungs- und Koordinationsmöglichkeiten für industrielle Flexibilität
Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt	**UC-BGGR-01 – Aggregierte industrielle Flexibilität innerhalb der bulgarischen Landesgrenzen**	Aggregation und marktorientierte Einsatzplanung industrieller Flexibilität innerhalb Bulgariens	Validierter Aggregations- und Gebotsansatz für den bulgarischen Großhandels- und Ausgleichsmarkt
Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt	**UC-BGGR-02 – Aggregierte grenzüberschreitende industrielle Flexibilität zwischen Bulgarien und Griechenland**	Grenzüberschreitende Aggregation der bulgarischen und griechischen industriellen Flexibilität	Bewertung der grenzüberschreitenden Aggregation und marktübergreifender Möglichkeiten

Insgesamt zeigt das konsolidierte Verzeichnis, dass die LEONARDO-Anwendungsfälle einen Fortschritt von der Identifizierung und Aggregation industrieller Flexibilität bis hin zu deren potenzieller Nutzung im preisbasierten Betrieb, zur Netzunterstützung sowie auf nationalen oder grenzüberschreitenden Energiemärkten abdecken.

4 Leistungsbewertung und KPI-Rahmenwerk

Dieses Kapitel stellt die für die drei LEONARDO-Pilotstandorte entwickelte Leistungsbewertung und das KPI-Rahmenwerk vor. Das Rahmenwerk setzt die Ziele und erwarteten Ergebnisse der pilotspezifischen Anwendungsfälle in messbare Indikatoren um und bietet eine gemeinsame Struktur für deren spätere Überwachung und Bewertung.

Die KPIs wurden auf Ebene der Pilotstandorte und Anwendungsfälle definiert, um den unterschiedlichen technischen, betrieblichen, marktbezogenen und wirtschaftlichen Bedingungen Rechnung zu tragen, die in den einzelnen Szenarien berücksichtigt werden. Gleichzeitig wurde ein einheitlicher Formulierungsansatz für alle Pilotprojekte angewendet, um Konsistenz und Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Entsprechend dem für den Bewertungsrahmen definierten Umfang berücksichtigt der KPI-Satz technische, ökologische, wirtschaftliche und soziale Dimensionen, soweit diese für die jeweiligen Anwendungsfälle relevant sind.

4.1 Bewertungsansatz und Struktur des Bewertungsrahmens

Die Formulierung der KPIs wurde direkt in die gemeinsame Vorlage zur Use-Case-Modellierung integriert. Dieser Ansatz ermöglichte die Entwicklung der Indikatoren parallel zur detaillierten Spezifikation der einzelnen Use Cases und stellte eine klare Zuordnung jedes KPIs zum jeweiligen Pilotstandort und Szenario sicher.

Bei der Ermittlung geeigneter Indikatoren wurden für jeden Anwendungsfall die definierten Ziele, die erwarteten Ergebnisse, die Betriebsbedingungen und die relevanten Einschränkungen berücksichtigt. Die Vorlage bietet eine einheitliche Struktur zur Dokumentation der KPI-Kategorie, der KPI-Definition, der Einheit sowie der Mess- oder Berechnungsmethode. Dadurch können die Indikatoren in einem einheitlichen Format beschrieben werden, während ihr Inhalt gleichzeitig die spezifischen Merkmale jedes Anwendungsfalls widerspiegelt.

Das daraus resultierende Rahmenwerk kombiniert eine harmonisierte Methodik mit pilotspezifischen KPI-Sätzen. Es unterstützt somit einen einheitlichen Bewertungsansatz im gesamten LEONARDO-Projekt, ohne dabei den individuellen Fokus der verschiedenen Anwendungsfälle und Pilotstandorte aus den Augen zu verlieren.

4.2 KPI-Repository und Überwachungsparameter

In diesem Abschnitt wird das für die drei Pilotstandorte und ihre jeweiligen Anwendungsfälle entwickelte KPI-Repository vorgestellt. Die Indikatoren werden zusammen mit ihrer Kategorie, Definition, Einheit und Mess- bzw. Berechnungsmethode sowie den in dieser Projektphase verfügbaren relevanten Überwachungsparametern dokumentiert.

4.2.1 Pilotstandort Nr. 1: Italienisches Pilotprojekt

Übersicht über die Pilot-KPIs – PS#1

Um die Leistung der am italienischen Demonstrationsstandort entwickelten Aggregationsplattform systematisch zu bewerten und die multidimensionalen Vorteile der simulierten Flexibilitätslösungen

im nationalen und lokalen Kontext zu quantifizieren, wurde ein maßgeschneiderter Satz von KPIs für die drei primären Anwendungsfälle strukturiert.

Beim ersten Anwendungsfall, der sich auf die Aggregation von Flexibilität aus dezentralen industriellen Lasten und Energieressourcen konzentriert, liegt der Schwerpunkt auf der Fähigkeit der Plattform, ein zuverlässiges Flexibilitätsaggregat aufzubauen und zu betreiben. Aus diesem Grund beziehen sich die ausgewählten KPIs sowohl auf den Umfang der aggregierten Ressource (ausgedrückt in verfügbarer Leistung und jährlich aktivierbarer Energie, getrennt nach Aufwärts- und Abwärtsflexibilität) als auch auf die Betriebsqualität der Plattform selbst, gemessen anhand der Erfolgsquote der Aktivierungen und der durchschnittlichen Zeit, die benötigt wird, um nach einer Flexibilitätsanforderung einen neuen angepassten Sollwert zu erreichen. Bei der Berechnung müssen anlagenspezifische betriebliche Einschränkungen wie Prozesskontinuität, thermische Schwellenwerte, Sicherheitsgrenzen und Ladezustandsgrenzen für Batterie-Energiespeichersysteme und Elektrofahrzeuge ebenso sorgfältig berücksichtigt werden wie die Daten aus dem simulierten Aktivierungsprotokoll. Diese Indikatoren liefern zusammen ein klares Bild davon, wie viel Flexibilität bereitgestellt werden kann und wie effektiv die Plattform diese in der Praxis koordinieren kann – was die grundlegenden Voraussetzungen für jede nachfolgende Markt- oder Netzdienstleistung sind.

Im zweiten Anwendungsfall verlagern sich die KPIs auf den Nachweis des Nutzens, den das Flexibilitätsaggregat auf nationaler Ausgleichsebene erbringen kann, und decken daher drei sich ergänzende Dimensionen ab: die Auswirkungen auf das Netz in Bezug auf Spitzenlastabdeckung und Talausgleich, womit die Fähigkeit der Plattform gemessen wird, das Lastprofil bei Anforderungen des Ausgleichsmarktes umzugestalten; die simulierten wirtschaftlichen Erträge, die durch die Teilnahme an den Kapazitätsverfügbarkeitsmechanismen von Terna und den Modulationen des Ausgleichsmarktes generiert werden, sowie den ökologischen Nutzen, ausgedrückt als vermiedene CO_2-Äquivalent-Emissionen im Vergleich zu den herkömmlichen gasbefeuerten Spitzenkraftwerken, die andernfalls für den Ausgleich sorgen würden. Diese Kombination wurde gewählt, da sie es ermöglicht, den Anwendungsfall nicht nur unter technischen Gesichtspunkten zu bewerten, sondern auch hinsichtlich seiner Fähigkeit, wirtschaftlichen Nutzen und einen Beitrag zur Dekarbonisierung zu erbringen.

Schließlich sind für den dritten Anwendungsfall, der sich mit lokalen Flexibilitätsmärkten für das Netzmanagement von Verteilernetzbetreibern befasst, die KPIs auf die lokale Dimension der Dienstleistung zugeschnitten: Kennzahlen zur Netzauswirkung messen die Minderung lokaler Engpässe, die durch eine Überproduktion erneuerbarer Energien verursacht werden, sowie die Steigerung des Eigenverbrauchs durch reduzierte Einspeisungen aus dem externen Netz; Wirtschaftsindikatoren bewerten sowohl die wirtschaftlichen Vorteile, die CEDIS durch die Valorisierung lokaler Ressourcen und die Verringerung seiner Abhängigkeit von Einkäufen am Großhandelsmarkt erzielen kann, als auch die Einnahmen einzelner industrieller Nutzer, die über Verfügbarkeits- und Aktivierungsprämien am lokalen Flexibilitätsmarkt von CEDIS teilnehmen. Auf diese Weise erfassen die Indikatoren von UC3 sowohl die physischen als auch die wirtschaftlichen Vorteile der Valorisierung lokaler Flexibilität und spiegeln die doppelte Perspektive des Verteilernetzbetreibers und der teilnehmenden Nutzer wider.

TABELLE44 : PILOTPROJEKT NR. 1 – KPI-REPOSITORY

KPI-Kategorie	KPI	Zugehörige Anwendungsfälle	Mess- / Berechnungsmethode	Überwachungsparameter / Status
Flexibilitätsleistung	Aggregierte Flexibilitätskapazität (Verfügbarkeit), nach oben und unten [MW]	UC-IT-01	Hierbei wird für jede flexible Anlage die Differenz zwischen der maximalen (oder minimalen) Leistung und der Nennleistung berücksichtigt, gewichtet durch robuste Faktoren, die anlagenspezifische Einschränkungen berücksichtigen. Die aggregierte Flexibilitätskapazität wird als Summe der Beiträge der einzelnen Anlagen berechnet, getrennt nach Aufwärts- und Abwärtsflexibilität	Anlagenspezifische Einschränkungen: Prozesskontinuität, thermische Grenzwerte, Arbeitssicherheit, Energieein- und -ausgang (definiert als die Energiemenge, die vor vollständiger Ladung in eine Batterie – einschließlich Elektrofahrzeuge – einfließen kann oder die vor Erreichen des minimalen Ladezustands (SOC) aus der Batterie abfließen kann) usw.
Flexibilitätsleistung	Aggregiertes Flexibilitätsvolumen (Aktivierung), nach oben und nach unten [MWh/Jahr]	UC-IT-01	Hierbei wird für jede flexible Anlage die Energie berücksichtigt, die innerhalb eines Jahres verlagert werden kann, unter Berücksichtigung der flexiblen Leistung und der geschätzten Anzahl der Stunden des Aktivierungsfensters. Das aggregierte Flexibilitätsvolumen wird als Summe der Beiträge der einzelnen Anlagen berechnet, getrennt nach Aufwärts- und Abwärtsflexibilität	Anlagenspezifische Aktivierungsfenster im Laufe des Jahres
Betriebsleistung	Erfolgreiche Aktivierungen im Verhältnis zur	UC-IT-01	Anzahl der Viertelstunden, in denen eine	Simuliertes Aktivierungsprotokoll

	Gesamtzahl der Anfragen [%]		erfolgreiche Reaktion der Anlagen auf die FLEXIA-Plattform erfolgte, im Verhältnis zur Gesamtzahl der Viertelstunden, in denen eine Flexibilitätsanforderung vorlag. Die Viertelstunde wird in Flexibilitätsprogrammen als typischer „Abrechnungszeitraum" verwendet.	
Betriebsleistung	Durchschnittliche Zyklusdauer (von der Flexibilitätsaktivierung bis zum neuen angepassten Sollwert) [min]	UC-IT-01	Durchschnittliche Zeit von der Flexibilitätsaktivierung bis zur erfolgreichen Rückmeldung zuzüglich der simulierten Hoch- und Herunterlaufzeit auf den neuen angepassten Sollwert.	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; anlagenspezifische Hoch- und Herunterfahrcharakteristiken
Auswirkungen auf das Netz	Spitzenlastabdeckung und Talausgleich [MW]	UC-IT-02	Simulierte maximale Verbrauchsreduzierung/-steigerung während einer MSD-Anforderung für eine Spitzen- bzw. Talzeit	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; zu erfüllende Anforderungen von Terna an die schnelle Aktivierung; aktuelle MSD-Anforderungsmengen
Wirtschaftliche Auswirkungen	Simulierte Einnahmen aus MSD/UVA (€/Jahr)	UC-IT-02	Simulierte Einnahmen aus der jährlichen Teilnahme an Ternas UVA (Verfügbarkeit) und an GME's MSD für Terna (Aktivierung: modulierte Energie)	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; Terna-Anforderungen an die schnelle Aktivierung müssen erfüllt werden; aktuelle MSD-Anforderungsmengen und -Preise; aktuelle UVA-Verfügbarkeitsprämie
Umweltauswirkungen	Geschätzte Reduzierung der Emissionen aus gasbefeuerten	UC-IT-02	Simulierte CO_2-Einsparung durch Teilnahme am nationalen	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; zu erfüllende Anforderungen von Terna an die schnelle

	Spitzenlastkraftwerken für den Ausgleich (Tonnen CO_2-Äquivalent/Jahr)		Netzausgleich als Ersatz für ein konventionelles Gaskraftwerk (Emissionsfaktor: 380 gCO_2eq/kWh; Quelle: ISPRA, Settore elettrico: emissioni di CO_2 e altri impatti, 2026)	Aktivierung; aktuelle MSD-Anforderungsmengen
Auswirkungen auf das Netz	Reduzierung lokaler Engpässe bei erneuerbaren Energien [MW]	UC-IT-03	Simulierte Reduzierung des maximalen Gegenflusses über das Jahr hinweg vom CEDIS-Netz in das externe Netz dank der Aktivierung der Abwärtsflexibilität bei hoher lokaler Erzeugung aus erneuerbaren Energien	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; prognostizierte Netzflüsse
Auswirkungen auf das Netz	Reduzierung der Importe aus dem externen Netz (Anstieg des Eigenverbrauchs) [MWh/Jahr]	UC-IT-03	Simulierte Reduzierung der jährlich aus dem externen Netz importierten Energie (vom Großhandelsmarkt bezogen) und daraus resultierende Steigerung des jährlichen Eigenverbrauchs dank Flexibilitätsaktivierungen	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; prognostizierte Netzflüsse
Wirtschaftliche Auswirkungen	Eigenverbrauchs-Einnahmen für CEDIS [€/Jahr]	UC-IT-03	Simulierte wirtschaftliche Bewertung des höheren Eigenverbrauchs: lokale Verbrauchsmarge (im Vergleich zum Handel auf dem Großhandelsmarkt	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; prognostizierte Netzflüsse; aktuelle Großhandelsmarktpreise der GME

			während der Spitzenproduktionszeit) zuzüglich Einsparungen durch geringere Einkäufe auf dem Großhandelsmarkt	
Wirtschaftliche Auswirkungen	Kumulierte Einnahmen für industrielle Nutzer [€/Jahr]	UC-IT-03	Simulierte wirtschaftliche Erlöse für industrielle Nutzer aus der Teilnahme am LFM von CEDIS: Verfügbarkeitserlöse (€/MW angebotener flexibler Kapazität) zuzüglich Aktivierungserlöse (€/MWh verschobener Energie im Vergleich zu einer vordefinierten Basislinie)	Simuliertes Aktivierungsprotokoll; erschwingliche Verfügbarkeits- und Aktivierungsprämien

4.2.2 Pilotstandort Nr. 2: Österreichisches Pilotprojekt

Übersicht über die Pilot-KPIs – PS#2

Der für das österreichische Pilotprojekt entwickelte KPI-Satz spiegelt die unterschiedlichen Ziele und Reifegrade der drei Anwendungsfälle wider. Er umfasst die wirtschaftliche Nutzung industrieller Flexibilität als Reaktion auf dynamische Day-Ahead-Preise, den potenziellen Beitrag industrieller Flexibilität zu einem möglichen zukünftigen Flexibilitätsmarkt auf Verteilungsebene sowie die Eignung und koordinierte Zuweisung von Flexibilität zwischen Mechanismen auf Verteilernetzbetreiber- (DSO) und Übertragungsnetzbetreiber- (TSO) Ebene.

Für UC-AT-01 bewerten die KPIs die wirtschaftlichen und energiebezogenen Auswirkungen der Verlagerung des flexiblen industriellen Verbrauchs in günstigere Zeiträume. Der Hauptindikator ist die potenzielle Senkung der Stromkosten im Vergleich zu einem Referenzbetrieb. Ergänzt wird dies durch Indikatoren für einen verbesserten PV-Eigenverbrauch und die Menge an flexibler Last, die in Zeiträume mit niedrigeren Strompreisen oder höherer PV-Verfügbarkeit vor Ort verlagert werden kann.

Die KPIs für UC-AT-02 bewerten die potenzielle Nutzung industrieller Flexibilität innerhalb eines möglichen zukünftigen Flexibilitätsmarktes auf Verteilerebene. Da ein solcher Markt in Österreich derzeit nicht existiert und keine tatsächlichen Anfragen von Verteilernetzbetreibern oder standortspezifischen Daten zu Netzengpässen vorliegen, werden diese KPIs anhand repräsentativer Szenarien bewertet. Sie messen die potenziell für die Nutzung auf Verteilerebene verfügbare

industrielle Flexibilität, ihre Verfügbarkeit bei Auftreten eines angenommenen Flexibilitätsbedarfs sowie den Anteil dieses angenommenen Bedarfs, der potenziell gedeckt werden könnte.

Für UC-AT-03 bewerten die KPIs, ob die verfügbare industrielle Flexibilität die definierten Anforderungen für den Einsatz auf Verteilernetzbetreiber-Ebene, auf Übertragungsnetzbetreiber-Ebene oder auf beiden Ebenen erfüllt. Ein zweiter Indikator untersucht, ob Flexibilität, die potenziell für beide Ebenen geeignet ist, ohne doppelte Bindung und ohne Verletzung industrieller Prozessbeschränkungen zugewiesen werden kann. Diese KPIs basieren auf dem Vergleich der Flexibilitätsmerkmale der Pilotstandorte mit den relevanten Anforderungen, die durch Forschung, Wissensaustausch und Szenarioentwicklung ermittelt wurden. Sie messen nicht die tatsächliche Teilnahme an Verteilernetzbetreiber- oder Übertragungsnetzbetreibermärkten.

Die KPIs werden einzelnen Anwendungsfällen zugeordnet, da jeder Anwendungsfall ein eigenständiges Bewertungsziel verfolgt. Dennoch stützen sie sich auf einen gemeinsamen Satz zugrunde liegender Überwachungsparameter, darunter der industrielle Strombedarf, Prozessbedingungen, verfügbare flexible Leistung und Energie, Flexibilitätsdauer sowie Informationen zur PV-Erzeugung und Speicherung. Basiswerte, repräsentative Szenarien und detaillierte Überwachungszeiträume werden im Rahmen der Pilotvorbereitung und der Basiswertüberwachung näher festgelegt.

TABELLE45 : PILOTPROJEKT NR. 2 – KPI-REPOSITORY

KPI-Kategorie	KPI	Zugehörige Anwendungsfälle	Mess- / Berechnungsmethode	Überwachungsparameter / Status
Wirtschaftliche Auswirkungen	**Potenzial zur Einsparung von Stromkosten** – Mögliche Senkung der Stromkosten durch optimierte Nutzung industrieller Flexibilität. **Einheit: % / EUR**	UC-AT-01	Vergleich der Stromkosten für das Referenz- und das optimierte Lastprofil unter Verwendung derselben Day-Ahead-Preise.	Lastprofile und Day-Ahead-Preise erforderlich.
Flexibilitätsleistung	**Flexibler Verbrauch in günstige Zeiträume verlagert** – Flexibler Verbrauch, der in Zeiträume mit niedrigeren Preisen und/oder höherer PV-Verfügbarkeit verlagert werden kann. **Einheit: % / kWh**	UC-AT-01	Umfang und Anteil des flexiblen Verbrauchs im Vergleich zum Referenzbetrieb.	Lastprofile, Preis- oder PV-Informationen sowie Flexibilitätsgrenzen erforderlich.
Flexibilitätsleistung	**Industrielles Flexibilitätspotenzial für den Einsatz auf**	UC-AT-02	Ermittlung der technisch und betrieblich	Erforderlich sind industrielle Lastdaten, Flexibilitätsdauer und

	Verteilungsebene – Flexibel einsetzbare Leistung und Energie, die potenziell für einen möglichen zukünftigen DSO-Markt zur Verfügung stehen. **Einheit: kW / kWh**		realisierbaren flexiblen Leistung und Energie.	prozessbezogene Einschränkungen.
Netzunterstützungspotenzial	**Möglicher Beitrag zum angenommenen Flexibilitätsbedarf auf Verteilungsebene** – Anteil des angenommenen Flexibilitätsbedarfs, der potenziell gedeckt werden könnte. **Einheit: %**	UC-AT-02	Verfügbare industrielle Flexibilität geteilt durch den angenommenen Flexibilitätsbedarf.	Repräsentativer Flexibilitätsbedarf und erforderliche verfügbare industrielle Flexibilität.
Eignung der Flexibilität	**Eignung der industriellen Flexibilität für die Beteiligung auf Übertragungsnetzbetreiber-Ebene** – Bewertung, ob die identifizierte industrielle Flexibilität die relevanten technischen, betrieblichen und marktzugangsbezogenen Anforderungen für ausgewählte Flexibilitätsdienste der Übertragungsnetzbetreiber erfüllen könnte. **Einheit: qualitative Bewertung / % sofern quantifizierbar**	UC-AT-03	Vergleich der identifizierten industriellen Flexibilität und der Teilnahmebedingungen mit den Anforderungen ausgewählter Flexibilitätsdienste der Übertragungsnetzbetreiber.	Merkmale der industriellen Flexibilität sowie relevante technische, regulatorische, Aggregations- und Marktzugangsanforderungen.

4.2.3 Pilotstandort Nr. 3: Bulgarisch-griechisches Pilotprojekt

Übersicht über die Pilot-KPIs – PS#3

Der für das bulgarisch-griechische Pilotprojekt definierte KPI-Satz umfasst zwei sich ergänzende Ebenen. Die erste ist die Use-Case-Ebene, die sich direkt aus den Zielen und erwarteten Ergebnissen von UC-BGGR-01 und UC-BGGR-02 ableitet, wie in Abschnitt 3.2.3 dargelegt. Sie umfasst einen

wirtschaftlichen Indikator, einen Flexibilitätsleistungsindikator und einen Systemauswirkungsindikator. Die ersten beiden Indikatoren sind beiden Anwendungsfällen gemeinsam, da beide dasselbe wirtschaftliche Ziel durch denselben Mechanismus der Nachfrageshiftung verfolgen; der dritte gilt nur für UC-BGGR-02, da der grenzüberschreitende Energieaustausch in der innerstaatlichen Konfiguration keine Entsprechung hat.

Die zweite Ebene umfasst die Indikatoren auf Projektebene, anhand derer das Pilotprojekt im LIFE-Rahmen bewertet wird: Primär- und Endenergieeinsparungen, Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, Reduzierung der Treibhausgasemissionen und kumulierte Investitionen in nachhaltige Energie. Diese gelten für das Pilotprojekt als Ganzes und nicht für einen einzelnen Anwendungsfall und werden auf der Grundlage der Summe der beiden Industriestandorte berechnet, wobei die Aufteilung zwischen STOMANA und HELLENiQ dem jeweils gemeldeten Basisnetzverbrauch folgt.

Da derzeit weder der inländische noch der grenzüberschreitende Aggregat als Bieter auftritt, werden alle Anwendungsfall-KPIs durch den Vergleich des optimierten aggregierten Zeitplans mit einer „Business-as-usual"-Baseline bewertet. Diese Baseline liegt noch nicht vor: Sie wird während der Pilotprojekt-Einrichtung und der Überwachung der Basisdaten in T5.1 ermittelt, und die Bewertung selbst wird in T5.4 durchgeführt. Entsprechend dem in Abschnitt 3.2.3 für beide Anwendungsfälle festgelegten Prozessablauf wird die Bewertung dieser KPIs von den Konsortialpartnern unter der Leitung von UPAT durchgeführt. Bei den unten aufgeführten Überwachungsparametern wird daher zwischen Informationen, die bereits aus der Pilotumfrage vorliegen, und Elementen, die noch definiert werden müssen, unterschieden.

TABELLE46 : PILOTPROJEKT NR. 3 – KPI-REPOSITORY

KPI-Kategorie	KPI	Zugehörige Anwendungsfälle	Mess- bzw. Berechnungsmethode	Überwachungsparameter / Status
Wirtschaftliche Auswirkungen	Gesamte Senkung der Stromkosten (Energie und Ausgleich) für den Industriecluster [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Differenz zwischen den kombinierten Day-Ahead- und Ausgleichsenergiekosten des aggregierten Clusters unter der optimierten Gebotsstrategie und unter der Business-as-usual-Baseline, ausgedrückt als Prozentsatz der Basiskosten.	Verfügbar: gemessener Verbrauch in 15-Minuten-Intervallen (STOMANA SofiaMed und ETEM Gestamp) und stündlicher Auflösung (HELLENiQ); IBEX- und ESO-Marktpreise sowie HEnEx- und IPTO-Preise für UC-BGGR-02. Noch zu definieren: „Business-as-usual"-Basisszenario (T5.1).
Flexibilitätsleistung	Umfang der verlagertem Bedarf [MWh]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Energiemenge, die im Vergleich zum Referenzverbrauchsprofil zeitlich verlagert wurde, berechnet anhand der gemessenen	Verfügbar: Messprofile und Betriebsbereiche pro Archetyp. Zu definieren: validierte flexible Kapazität pro Anlage, die noch der Bestätigung der

			Verbrauchsprofile der teilnehmenden Anlagen während des Bewertungszeitraums. Die Aggregationskonvention für die einzelnen Anlagen ist in T2.4 festzulegen und in T5.4 anzuwenden.	Prozessgrenzen durch die Pilotstandorte unterliegt.
Auswirkungen auf das System	Menge der grenzüberschreitend gehandelten Energie [MWh]	UC-BGGR-02	Über die BG–GR-Verbindungsleitung aufgrund der grenzüberschreitenden Flexibilitätsgebote eingespeistes Energievolumen, summiert über den Bewertungszeitraum.	Noch zu definieren: Von ESO und IPTO bereitzustellende Kapazitätsreserven der Verbindungsleitung; Zuordnungskonvention für die implizite grenzüberschreitende Teilnahme über einen zertifizierten Aggregator.
Energieeffizienz (Projekt-KPI 2)	Endgültige Energieeinsparungen [MWh/Jahr]	Pilotebene (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Bottom-up-Ansatz gemäß den CINEA-Leitlinien: Gemessener und/oder geschätzter Stromverbrauch aus dem Netz vor und nach der Umsetzung. Ziel: 8.500 MWh/Jahr während des Projekts, gegenüber einem Netzverbrauch vor Projektbeginn von 850.000 MWh/Jahr (STOMANA 540.000; HELLENiQ 310.000) sowie 25.500 MWh/Jahr in den fünf Jahren nach Projektende.	Noch festzulegen: Basisermessung in T5.1. Es ist auf die Abweichung zwischen diesen Basiswerten und dem in der Pilotumfrage (Abschnitt 2.2.3) angegebenen Jahresverbrauch hinzuweisen, die mit den beiden Standorten zu klären ist.
Energieeffizienz (Projekt-KPI 1)	Primärenergieeinsparungen [MWh/Jahr]	Pilotebene (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Endenergieeinsparungen multipliziert mit dem Standard-Primärenergiefaktor von 1,9. Der im Vorschlag angegebene Wert von 17.000 MWh/Jahr wurde auf 16.150 MWh/Jahr angepasst, um ihn mit den Endenergieeinsparungen in Einklang zu bringen; der im Vorschlag angegebene Wert für die fünf Jahre nach Projektende beträgt 51.000	Abgeleitet aus Projekt-KPI 2; keine separate Überwachung erforderlich.

			MWh/Jahr und wurde noch nicht angepasst.	
Umweltauswirkungen (Projekt-KPI 4)	Reduzierung der Treibhausgasemissionen [t CO_2-Äquivalent/Jahr]	Pilotebene (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Senkung des Stromverbrauchs aus dem Netz, multipliziert mit dem nationalen Emissionsfaktor (BG 0,508 oder 0,540; GR 0,412 oder 0,502 tCO_2eq/MWh). Ziel: 4.413 tCO_2eq/Jahr während der Projektlaufzeit und 13.239 tCO_2eq/Jahr in den fünf Jahren nach Projektende.	Noch festzulegen: Aufteilung der Einsparung von 8.500 MWh/Jahr auf die Standorte in Bulgarien und Griechenland, wodurch die anzuwendenden Emissionsfaktoren bestimmt werden, sowie Auswahl zwischen den beiden Faktorwerten pro Land.
Umweltauswirkungen (Projekt-KPI 3)	Erzeugung aus erneuerbaren Energien [MWh/Jahr]	Pilotebene (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Direkte Messung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vor Ort. Zielwert 0 MWh/Jahr sowohl während des Projekts als auch in den fünf Jahren danach.	An keinem der Standorte wurde eine Erzeugung erneuerbarer Energien vor Ort gemeldet (Abschnitt 2.2.3); es ist keine Überwachungsinfrastruktur erforderlich.
Investitionen (Projekt-KPI 5)	Kumulierte Investitionen in nachhaltige Energie [€]	Pilotebene (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Direkte Messung der Investitionen in die Erzeugung erneuerbarer Energien und elektrische Flexibilität (Erzeugung, Batterien, Überwachung und Steuerung). Vorgeschlagener Wert 0 sowohl während des Projekts als auch in den fünf darauf folgenden Jahren.	Muss mit den beiden Industriestandorten abgeklärt werden.

4.3 Konsolidierter Rahmen zur Leistungsbewertung

Der Rahmen zur Leistungsbewertung fasst die für die acht Anwendungsfälle in den drei LEONARDO-Pilotprojekten definierten KPIs zusammen. Die Indikatoren decken die wichtigsten technischen, betrieblichen, netzbezogenen, wirtschaftlichen, ökologischen und energiebezogenen Aspekte der industriellen Flexibilität ab und spiegeln die unterschiedlichen Ziele und Konfigurationen der einzelnen Pilotprojekte wider.

Die konsolidierte Übersicht gruppiert die KPIs nach Bewertungskategorien und verknüpft sie mit den entsprechenden Pilotprojekten und Anwendungsfällen. Dadurch werden gemeinsame Bewertungsbereiche innerhalb von LEONARDO hervorgehoben, während die pilotspezifischen Indikatoren beibehalten werden, die zur Bewertung der verschiedenen Flexibilitätsressourcen, Marktmechanismen und Systemebenen erforderlich sind. Detaillierte Definitionen,

Berechnungsmethoden und Überwachungsparameter sind in den jeweiligen KPI-Abschnitten der Pilotprojekte aufgeführt.

TABELLE47 : ZUSAMMENFASSENDE KPI-ÜBERSICHT

KPI-Kategorie	Pilotprojekt	Zugehörige Anwendungsfälle	KPIs
Flexibilität Leistung	Italien	UC-IT-01	Gesamte Flexibilitätskapazität [MW]; Gesamtflexibilitätsvolumen [MWh/Jahr]
	Österreich	UC-AT-01, UC-AT-02	In günstige Zeiträume verlagertes flexibles Lastvolumen [% / kWh]; industrielles Flexibilitätspotenzial für den Einsatz auf Verteilerebene [kW / kWh]
	Bulgarien–Griechenland	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Umfang der verlagertem Bedarf [MWh]
Betriebsleistung	Italien	UC-IT-01	Erfolgreiche Aktivierungen im Verhältnis zur Gesamtzahl der Anfragen [%]; durchschnittliche Zyklusdauer [min]
Auswirkungen auf Netz und System	Italien	UC-IT-02, UC-IT-03	Spitzenlastabdeckung und Talausgleich [MW]; Reduzierung lokaler Engpässe bei erneuerbaren Energien [MW]; Reduzierung der Importe aus dem externen Netz [MWh/Jahr]
	Österreich	UC-AT-02	Möglicher Beitrag zum angenommenen Flexibilitätsbedarf auf Verteilerebene [%]
	Bulgarien–Griechenland	UC-BGGR-02	Menge des grenzüberschreitenden Energiehandels [MWh]
Eignung für Flexibilitätsanforderungen	Österreich	UC-AT-03	Eignung der industriellen Flexibilität für die Beteiligung auf Übertragungsnetzebene [qualitative Bewertung / % sofern quantifizierbar]
Wirtschaftliche Auswirkungen	Italien	UC-IT-02, UC-IT-03	Simulierte Einnahmen aus MSD/UVA [EUR/Jahr]; Einnahmen aus Eigenverbrauch für CEDIS [EUR/Jahr]; kumulierte Einnahmen für industrielle Nutzer [EUR/Jahr]
	Österreich	UC-AT-01	Potenzial zur Einsparung von Stromkosten [% / EUR]
	Bulgarien–Griechenland	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Gesamte Einsparung bei den Stromkosten für den Industriecluster [%]

Energieeffizienz	Bulgarien–Griechenland	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Endenergieeinsparungen [MWh/Jahr]; Primärenergieeinsparungen [MWh/Jahr]
Umweltauswirkungen	Italien	UC-IT-02	Geschätzte Reduzierung der Emissionen aus gasbefeuerten Ausgleichskraftwerken [t CO_2-Äquivalent/Jahr]
	Bulgarien–Griechenland	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Reduzierung der Treibhausgasemissionen [t CO_2-Äquivalent/Jahr]; Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien [MWh/Jahr]
Investition	Bulgarien–Griechenland	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Kumulierte Investitionen in nachhaltige Energie [EUR]

Das konsolidierte KPI-Rahmenwerk bildet die Grundlage für die Festlegung der erforderlichen Ausgangswerte und Überwachungsparameter während der Pilotvorbereitung, die Verfolgung der Umsetzung der Anwendungsfälle und die Bewertung ihrer Leistung. Die Ergebnisse dienen dem Vergleich der erzielten oder szenariobasierten Ergebnisse mit den für jedes Pilotprojekt und jeden Anwendungsfall definierten Zielen.

5 Rückverfolgbarkeit und Nutzung der Ergebnisse aus D2.2

Dieses Kapitel zeigt, wie die wichtigsten Ergebnisse von D2.2 miteinander verknüpft sind und wie sie in nachfolgende Projektaktivitäten einfließen. Es stellt die Rückverfolgbarkeit her – von den Merkmalen der Pilotstandorte und den Flexibilitätsinventaren über die spezifizierten Anwendungsfälle bis hin zu den entsprechenden KPIs und Überwachungsanforderungen. Außerdem wird erläutert, wie diese Ergebnisse die technische Architektur, das Datenmanagement, die Algorithmenentwicklung, die Pilotvorbereitung, die Integration, das Testen und die Leistungsbewertung im Rahmen von LEONARDO unterstützen.

5.1 Nutzung der Ergebnisse in T2.5 – Technische Anforderungen und Architekturentwurf

Die Pilotstandort-Erhebungen, die Anwendungsfall-Spezifikationen und das KPI-Rahmenwerk liefern die pilotspezifischen Inputs, die für die Entwicklung der iFAAP-Architektur und der Integrations-Roadmap in T2.5 erforderlich sind. Zusammen mit den in T2.1 ermittelten Anforderungen der Interessengruppen unterstützen diese Ergebnisse die Umsetzung der betrieblichen Anforderungen der drei Pilotstandorte in funktionale, technische, informationsbezogene und implementierungsbezogene Anforderungen.

Die Pilotumfragen identifizieren die Systeme und Ressourcen, die abgebildet oder vernetzt werden müssen, darunter industrielle Überwachungs- und Steuerungssysteme, Energiemanagementsysteme (EMS), Erzeugungs- und Speichertechnologien, flexible industrielle Anlagen, Datenquellen und verfügbare Schnittstellen. Sie beschreiben zudem relevante Einschränkungen hinsichtlich Datenverfügbarkeit, Interoperabilität, industriellem Betrieb, Prozesskontinuität und Steuerungsfähigkeiten. Diese Informationen unterstützen die Definition von Systemgrenzen, Datenverbindungen und pilotspezifischen Integrationsanforderungen.

Die Anwendungsfall-Spezifikationen beschreiben die beabsichtigten Arbeitsabläufe zwischen industriellen Anlagen, Steuerungs- und Überwachungssystemen, iFAAP-Komponenten und relevanten Akteuren des Energiemarktes oder des Netzes. Ihre Ablaufsequenzen, Eingabevariablen, erwarteten Aktionen und Informationsaustausche bilden die Grundlage für die in T2.5 entwickelten funktionalen Ansichten und Sequenzdiagramme. Die Unterschiede zwischen operativen, simulierten und szenariobasierten Anwendungsfällen zeigen zudem auf, welche Funktionen und Schnittstellen für die jeweilige Pilotkonfiguration erforderlich sind.

Das KPI-Rahmenwerk ergänzt diese Inputs, indem es die Daten und Überwachungsinformationen identifiziert, die zur Bewertung der Anwendungsfälle erforderlich sind. Es unterstützt die Spezifikation der Messgrößen, berechneten Ergebnisse und Informationsflüsse, die für die anschließende Überwachung und Leistungsbewertung verfügbar sein müssen.

T2.5 wird diese Inputs in der durchgängigen iFAAP-Architektur zusammenführen. Der daraus resultierende Architekturentwurf wird die erforderlichen Komponenten, Schnittstellen, Interoperabilitätsvereinbarungen und pilotspezifischen Bereitstellungsansichten definieren. Die darin enthaltene Integrations-Roadmap wird anschließend als Leitfaden für die Orchestrierungs- und Prototyping-Aktivitäten in T5.2 sowie für die pilotspezifischen Konfigurationen und Bereitstellungen in T5.3 dienen.

5.2 Nutzung der Ergebnisse in WP3 – Datenmanagement und Datenerfassung

Die Ergebnisse der Pilotbefragungen und der pilotspezifischen Use-Case-Modellierung liefern direkte Inputs für die in WP3 durchgeführten Aktivitäten zu Datenmanagement, Datenerfassung und Interoperabilität. Die Pilotbefragungen ermitteln die an jedem Standort verfügbaren Energieressourcen, einschließlich Erzeugungs- und Speichersystemen sowie flexiblen Anlagen, relevante Merkmale der industriellen Prozesse und die damit verbundenen Datenquellen. Diese Informationen helfen dabei, die heterogenen Datenquellen zu identifizieren, auf die zugegriffen, die erfasst und in die LEONARDO-Dateninfrastruktur integriert werden müssen.

Die Anwendungsfallspezifikationen ergänzen diese Informationen, indem sie die für jedes Flexibilitätsszenario benötigten Daten identifizieren. Insbesondere definieren sie die wichtigsten Eingabedaten und Variablen, die an der Bereitstellung der Flexibilitätsdienste beteiligten Systeme sowie die Informationsflüsse zwischen diesen.

In T3.1 unterstützen diese Eingaben die Definition und Anpassung der gemeinsamen semantischen Modelle, indem sie die wichtigsten zu darstellenden Entitäten identifizieren. Die in den Pilotprojekten und Anwendungsfällen identifizierten Anlagen, Prozesse, Messungen und Informationsaustausche bilden die Grundlage für die Definition der entsprechenden Konzepte und Beziehungen. Diese werden, soweit zutreffend, an SAREF und dessen Erweiterungen angepasst, um eine harmonisierte Darstellung der heterogenen Pilotdaten innerhalb des semantischen Interoperabilitätsrahmens von LEONARDO zu gewährleisten.

In T3.2 werden die Informationen über die verfügbaren Datenquellen, Kommunikationsschnittstellen und Datenmerkmale genutzt, um die für die Datenerfassung und semantische Integration erforderlichen Mechanismen zu definieren. Die durch die Pilotbefragungen identifizierten Schnittstellen und Datenquellen unterstützen die Konfiguration der erforderlichen Batch- und Streaming-Konnektoren sowie der ETL-Prozesse. Gleichzeitig dienen die in den Anwendungsfällen identifizierten Datenanforderungen als Leitfaden für die Transformation und das semantische Mapping der erfassten Daten in die gemeinsame LEONARDO-Datendarstellung.

Schließlich sind die in den Anwendungsfällen identifizierten Systeme, Akteure und Informationsaustausche auch für T3.3 relevant, insbesondere für die Integration der LEONARDO-Dateninfrastruktur in bestehende Industrie- und Energiesysteme sowie mit externen Akteuren, einschließlich älterer Energiemanagementsysteme (EMS) und relevanter Schnittstellen zu Übertragungsnetzbetreibern (TSO), Verteilernetzbetreibern (DSO) und Märkten. Insgesamt stellt D2.2 die Verbindung her zwischen den an den Pilotstandorten verfügbaren Daten, den für die Umsetzung der Anwendungsfälle erforderlichen Informationen, den an den Flexibilitätsdiensten beteiligten Akteuren sowie den in WP3 behandelten Mechanismen zur Interoperabilität und Systemintegration.

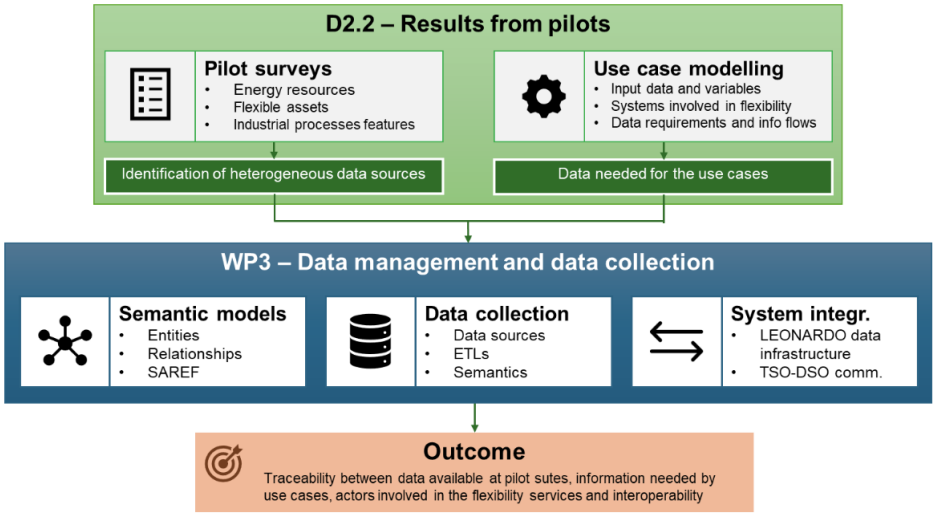


ABBILDUNG4 : ÜBERBLICK ÜBER DIE ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DEN ERGEBNISSEN VON D2.2 UND WP3

5.3 Nutzung der Ergebnisse in WP4 – Algorithmen und Dienste

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die spezifizierten Anwendungsfälle und die damit verbundenen Pilotanforderungen als Grundlage für die Entwicklung von Algorithmen und Diensten in WP4 dienen. Die Ergebnisse der Pilotbefragungen und der Anwendungsfallmodellierung liefern relevante Inputs für die Anpassung der im Rahmen von WP4 entwickelten Algorithmen und Lösungen an die spezifischen Merkmale und Ziele der LEONARDO-Pilotcluster.

Erstens unterstützt der **Markt- und Systemkontext** der Anwendungsfälle, insbesondere die Zielmärkte und Flexibilitätsmechanismen, die Ermittlung der relevanten Marktpreise, die im Rahmen der Aufgabe 4.2 prognostiziert werden sollen. Darüber hinaus liefern die mit den ausgewählten Märkten verbundenen Marktregeln den notwendigen pilotenspezifischen Kontext, um die geeigneten Marktbeschränkungen innerhalb der kurz- bzw. langfristigen Optimierungsmodelle zu definieren, die in den Aufgaben 4.3 und 4.4 entwickelt werden.

Zweitens unterstützen die an jedem Pilotstandort im Rahmen der Pilotumfragen ermittelten **Technologien zur Erzeugung und Speicherung vor Ort** die Identifizierung der Technologien für erneuerbare Energien, für die im Rahmen von Aufgabe 4.1 pilotspezifische Erzeugungsprognosen erforderlich sind.

Schließlich werden die in den Pilotprojekten identifizierten **flexiblen industriellen Anlagen und Prozesse** den entsprechenden Flexibilitätsarchetypen-Kategorien zugeordnet**.** Diese Kategorisierung wird verwendet, um im Rahmen von Aufgabe 4.1 die mathematischen Betriebsbeschränkungen der jeweiligen Flexibilitätsarchetypen zu formulieren, die anschließend als Eingaben in die Optimierungsmodelle der Aufgaben 4.3 und 4.4 einfließen.

5.4 Nutzung der Ergebnisse in WP5 – Aufbau, Integration, Test und Leistungsbewertung der Pilotprojekte

Die Ergebnisse von D2.2 bilden eine direkte Grundlage für die Vorbereitung, Konfiguration, Erprobung, Überwachung und Bewertung der drei LEONARDO-Pilotprojekte in WP5. Die Pilotbestandsaufnahmen definieren die verfügbare Infrastruktur und die Flexibilitätsressourcen, die

Anwendungsfälle legen die zu implementierenden oder zu bewertenden Anwendungen fest und das KPI-Rahmenwerk legt die entsprechenden Überwachungs- und Bewertungsanforderungen fest.

In T5.1 werden die Ergebnisse der Pilotumfrage die Vorbereitung der einzelnen Pilotstandorte unterstützen. Die identifizierten Überwachungssysteme, Schnittstellen, flexiblen Ressourcen und die Datenverfügbarkeit werden genutzt, um den Bedarf an zusätzlichen Sensoren, Aktoren, Gateways, Plattformen, Protokollen oder anderen Anpassungen zu bewerten. Die Anforderungen an die KPI-Überwachung dienen als Leitfaden für die Erfassung von Basisdaten und die Entwicklung von industriellen Verbrauchsprofilen vor dem Start von LEONARDO. Diese Basiswerte bilden die Referenz für die anschließende Bewertung der Pilotergebnisse.

In T5.2 wird die in T2.5 entwickelte Integrations-Roadmap genutzt, um die in WP3 und WP4 entwickelten iFAAP-Komponenten zu einem gemeinsamen Prototyp zusammenzuführen. Die in D2.2 definierten Pilotmerkmale und Anwendungsfall-Workflows werden die Konfiguration der erforderlichen Komponentenkombinationen und deren Interaktion mit industriellen Energiemanagementsystemen (EMS), Marktschnittstellen und bestehenden Überwachungsressourcen unterstützen. In T5.2 werden zudem klein angelegte Vorabtests durchgeführt, gegebenenfalls unter Verwendung synthetischer oder Dummy-Daten, um die Koordination und den Betrieb des integrierten Prototyps unter verschiedenen Betriebsbedingungen und bei möglichen Systemausfällen zu überprüfen. Die modulare Struktur von iFAAP ermöglicht es, pilotspezifische Instanzen für den Einsatz in T5.3 vorzubereiten.

In T5.3 bilden die Anwendungsfälle die Grundlage für die pilotenspezifische Konfiguration, den Einsatz und das Testen der relevanten LEONARDO-Komponenten. Die in D2.2 beschriebenen Systeme, Eingabedaten, Betriebslogik und Einschränkungen dienen als Leitfaden für die Umsetzung der jeweiligen Szenarien. Je nach Reifegrad und Umfang der einzelnen Anwendungsfälle können die Aktivitäten Betriebsprüfungen, Simulationen oder szenariobasierte Bewertungen umfassen. Die zugehörigen KPIs und Überwachungsparameter werden genutzt, um die Umsetzung zu verfolgen und die daraus resultierenden technischen, betrieblichen, wirtschaftlichen und systembezogenen Auswirkungen zu dokumentieren.

In T5.4 werden die Überwachungsergebnisse aus T5.3 mit den in T5.1 festgelegten Basiswerten verglichen und anhand des in D2.2 definierten KPI-Rahmens bewertet. Die Bewertung umfasst den Basiswert vor LEONARDO, die Leistung nach der Bereitstellung der relevanten iFAAP-Komponenten sowie die für die Beurteilung längerfristiger Auswirkungen erforderlichen Parameter. Die KPI-Ergebnisse werden in die in T5.4 vorgesehene techno-ökonomische Bewertung, Umweltbewertung sowie Skalierbarkeits- und Replizierbarkeitsanalyse einfließen. Durch diesen Ablauf verbindet D2.2 die anfängliche Charakterisierung der Pilotstandorte mit der technischen Integration, der standortspezifischen Umsetzung und der abschließenden Leistungsbewertung der LEONARDO-Lösungen.

Schlussfolgerungen

Dieses Ergebnis fasst die Ergebnisse der in T2.3 und T2.4 durchgeführten Pilotuntersuchungen, der pilotspezifischen Use-Case-Modellierung und der KPI-Entwicklung zusammen. Es liefert eine strukturierte Beschreibung der drei LEONARDO-Pilotstandorte, ihrer industriellen Prozesse und Energiesysteme, der verfügbaren Flexibilitätsressourcen sowie der technischen und betrieblichen Bedingungen, die deren Nutzung beeinflussen.

Die Umfrageergebnisse zeigen, dass sich die Flexibilitätskonfigurationen zwischen den Pilotstandorten erheblich unterscheiden. Das italienische Pilotprojekt integriert dezentrale industrielle Lasten, Erzeugung, Energiespeicherung, Wasserstoff und Ressourcen der Elektromobilität innerhalb eines lokalen Verteilungsgebiets. Das österreichische Pilotprojekt integriert prozessbasierte Flexibilität über zwei Standorte der Lebensmittelindustrie hinweg, einschließlich Mahl- und Produktionsprozessen, Kühlung und Kühllagerung, ergänzt durch PV-Erzeugung vor Ort und Batteriespeicher. Das bulgarisch-griechische Pilotprojekt integriert große, stromintensive industrielle Prozesse mit Potenzial zur Flexibilitätsaggregation sowohl auf nationaler als auch auf grenzüberschreitender Ebene.

Auf der Grundlage dieser Merkmale wurden acht pilotenspezifische Anwendungsfälle definiert. Sie umfassen die Aggregation und Koordination dezentraler Ressourcen, die flexible Reaktion auf Day-Ahead-Preise, die Teilnahme an nationalen Ausgleichsmechanismen, mögliche zukünftige Flexibilitätsmechanismen auf Verteilungsebene sowie die nationale, mehrstufige und grenzüberschreitende Koordination industrieller Flexibilität. Die Anwendungsfälle spiegeln unterschiedliche Stufen der technischen und marktwirtschaftlichen Reife wider und kombinieren daher operative, analytische, simulierte und szenariobasierte Ansätze.

Das KPI-Rahmenwerk verknüpft jeden Anwendungsfall mit Indikatoren, die dessen Ziele und erwartete Ergebnisse widerspiegeln. Die ausgewählten KPIs umfassen Flexibilität und Betriebsleistung, Auswirkungen auf Netz und System, wirtschaftliche Effekte, Eignung für Flexibilität, Energieeffizienz, Umweltauswirkungen und Investitionen. Sie bilden die Grundlage für die Festlegung von Basiswerten und Überwachungsanforderungen, die Verfolgung der Umsetzung der Anwendungsfälle sowie die Bewertung der erzielten oder szenariobasierten Ergebnisse während der nachfolgenden Pilotaktivitäten.

Die Ergebnisse von D2.2 liefern pilotenspezifische Beiträge zu den technischen Anforderungen und dem Architekturentwurf von iFAAP in T2.5, zu den Aktivitäten im Bereich Datenmanagement und Interoperabilität in WP3 sowie zu den Prognose- und Optimierungsdiensten in WP4. Sie werden zudem die Pilotvorbereitung und die Überwachung der Ausgangsbasis in T5.1, die iFAAP-Integration und Prototypenentwicklung in T5.2, die pilotspezifische Bereitstellung und Überwachung in T5.3 sowie die ganzheitliche Leistungsbewertung in T5.4 unterstützen.

Insgesamt schafft D2.2 eine gemeinsame und nachvollziehbare Grundlage für die Umsetzung der verschiedenen industriellen Flexibilitätsressourcen der drei Pilotprojekte in definierte Anwendungsfälle, messbare Leistungsindikatoren und die daraus folgenden technischen und pilotbezogenen Aktivitäten im Rahmen von LEONARDO.

LEONARDO

Проект №: 101215528

Акроним на проекта: LEONARDO

D2.2 - Сценарии на използване за конкретните пилотни обекти и определяне на рамката за оценка на резултатите

Дата: 29.10.2026 г.

Автор: Андреа Мозер

Настоящият проект е получил финансиране по програма LIFE на Европейския съюз въз основа на споразумение за предоставяне на безвъзмездни средства № 101215528.

Договорни данни за проекта

Наименование на проекта	Предоставяне на услуги за гъвкавост чрез агрегирани промишлени произвеждащи потребители
Акроним на проекта	LEONARDO
Споразумение за безвъзмездно финансиране №	101215528
Начална дата на проекта	1 септември 2025 г.
Крайна дата на проекта	31 август 2028 г.
Продължителност	36 месеца
Уебсайт	https://www.rina.org/en/media/projects/leonardo-life-project

Данни за доклада по проекта

№	D2.2
Длъжност	Сценарии на използване за конкретните пилотни обекти и определяне на рамката за оценка на резултатите
Работен пакет	WP2
Ниво на разпространение[1]	PU
Дата на падеж	31.08.2026 г.
Дата на подаване	29.10.2026 г.
Дата на представяне	Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг
Автор(и), участвал(и) в изготвянето	Андреа Мозер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг), Йоахим Хакер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг), Бил Ялелис (Университет в Патра), Грегъри Протопсалтис (Университет в Патра), Димитрис Кацикас („Стомана“), Григорис Димопулос („Стомана“), Михаела Папагеоргиу („Хеленик“), Матео Буфо (Фондация „Бруно Кеслер“), Матео Вареско (Фондация „Бруно Кеслер“), Франческо Локатели (Фондация „Бруно Кеслер“)
Рецензент(и)	Университет в Патра, „Стомана“
Окончателен преглед и одобрение по	Диего Виези (FBK)/29-10-2026

[1] PU = публично
CO = поверително, само за членовете на консорциума (включително службите на Комисията)

отношение на качеството	

ИСТОРИЯ НА ДОКУМЕНТА

ДАТА	ВЕРСИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ	ПРОМЕНИ
24.07.2026 г.	0.1	Андреа Мозер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг), Йоахим Хакер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг)	Съдържание
11.09.2026 г.	0.2	Бил Ялелис (Университет в Патра), Грегъри Протопсалтис (Университет в Патра), Матео Буфо (Фондация „Бруно Кеслер“), Матео Вареско (Фондация „Бруно Кеслер“), Франческо Локатели (Фондация „Бруно Кеслер“)	Отразяване на приноса на ръководителите на работните пакети и на пилотните обекти
18.09.2026 г.	0.3	Андреа Мозер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг), Йоахим Хакер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг)	Първа проектна версия
01.10.2026 г.	1.0	Андреа Мозер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг), Йоахим Хакер (Европейски център за възобновяема енергия в Гюсинг)	Окончателна версия след преглед

Отказ от отговорност

Авторски © права 2025 LEONARDO Consortium партньори. Всички права запазени.

LEONARDO е проект LIFE, подкрепен от Европейската комисия по договор No 101215528. За повече информация относно проекта, неговите партньори и дейностите, моля свържете се с infoleonardo@fbk.eu. Не е позволено копиране или разпространение, по какъвто и да е начин, без предварителното писмено съгласие на собственика на правата върху собствеността.

Изразените мнения и мнения обаче са само на автора(ите) и не отразяват непременно тези на Европейския съюз или CINEA. Нито Европейският съюз, нито органът, който предоставя даденето, могат да бъдат държани отговорни за тях. Отговорността за информацията и изразените в тях мнения лежи изцяло върху автора(ите)

Обяснителна записка

Доклад D2.2 определя сценариите за използване, специфични за отделните пилотни обекти и съответната рамка за оценка на резултатите за трите пилотни обекта по проект LEONARDO в Италия, Австрия и България/Гърция. В доклада са обобщени резултатите от проучванията на пилотните обекти, проведени по задача 2.3, както и от дейностите по определяне на ключовите показатели за ефективност, изпълнени по задача 2.4.

Проучванията на пилотните обекти установяват съществени различия между трите обекта по отношение на промишлените отрасли, мащаба, наличните ресурси за гъвкавост, условията в електроенергийната мрежа и на пазара, инфраструктурата за управление и наличните данни. Италианският пилотен обект съчетава промишлени товари с разпределено производство на електроенергия, системи за съхранение на енергия, водородни ресурси и ресурси за електромобилност в рамките на местна разпределителна зона. Австрийският пилотен обект включва два обекта от хранително-вкусовата промишленост, чиито основни ресурси за гъвкавост са товарите, свързани със смилането на зърно и други производствени процеси, охлаждането и хладилното съхранение, фотоволтаичното производство на електроенергия и съхранението на енергия в батерии. Българо-гръцкият пилотен обект обхваща електроенергоемко производство на стомана и полипропилен, като гъвкавостта се осигурява предимно от големи промишлени товари.

По единен модел са разработени осем сценария за използване, съобразени със спецификата на съответните пилотни обекти. Италианският пилотен обект обхваща агрегирането на промишлена енергийна гъвкавост, участието в националния пазар за балансиране и функционирането на местен пазар на гъвкавост. Австрийският пилотен обект изследва гъвкавото адаптиране към цените на пазара „Ден напред“ и възможността за използване на промишлена енергийна гъвкавост на евентуален бъдещ пазар на гъвкавост на равнище разпределителна мрежа. Българо-гръцкият пилотен обект оценява агрегирането в рамките на България и трансграничното агрегиране между пазарните зони на България и Гърция.

Рамката за ключови показатели за ефективност преобразува целите и очакваните резултати от сценариите за използване в измерими показатели. В зависимост от степента на зрялост и обхвата на съответния сценарий показателите ще се оценяват въз основа на данни от наблюдения, съпоставки с референтния или обичайния режим на работа и представителни сценарии. Показателите обхващат резултатите от предоставянето на гъвкавост и от експлоатацията, въздействието върху мрежата и системата, икономическите ефекти, пригодността за предоставяне на гъвкавост, енергийната ефективност, въздействието върху околната среда и инвестициите.

Разработените профили на пилотните обекти, спецификациите на сценариите за използване и регистрите на ключовите показатели за ефективност служат за обща основа при определянето на техническите изисквания и архитектурата на платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) по задача 2.5, при управлението на данните и осигуряването на оперативна съвместимост в рамките на работен пакет 3, при разработването на услуги за прогнозиране и оптимизация в рамките на работен пакет 4 и при подготовката на пилотните обекти, интегрирането, разработването на прототипи, изпитването, наблюдението и оценката на резултатите в рамките на работен пакет 5.

Съкращения

ARERA – Италиански регулаторен орган за енергетиката, мрежите и околната среда
BESS – Система за съхранение на енергия в батерии
BRP – Отговарящо за баланса лице
BSP – Доставчик на услуги по балансиране
COP – Коефициент на трансформация
DAM – Пазар „Ден напред“
DER – Разпределен енергиен ресурс
DSF – Гъвкавост на потреблението
DSO – Оператор на разпределителна система
EAF – Електродъгова пещ (ЕДП)
EMS – Система за управление на енергията
ESCO – Компания за енергийни услуги
ETL – Извличане, преобразуване и зареждане на данни
FOET – Тон мазутен еквивалент
HVAC – Отопление, вентилация и климатизация (ОВК)
iFAAP – Платформа за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост
KPI – Ключов показател за ефективност (КПЕ)
LF – Кофъчна пещ
LFM – Местен пазар на гъвкавост
MASE – Министерство на околната среда и енергийната сигурност на Италия
MLF – Местен пазар на гъвкавост
MSD – Пазар на диспечерски услуги
PS – Пилотен обект
RES – Възобновяеми енергийни източници
SAREF – Референтна онтология за интелигентни приложения
SCADA – Система за диспетчерско управление и събиране на данни
SGAM – Архитектурен модел на интелигентната електроенергийна мрежа
SOC – Степен на зареждане
TSO – Оператор на преносна система
UC – Сценарий на използване
UVA – Виртуална единица, допусната до участие
UVAM – Смесена виртуална единица, допусната до участие

Съдържание

Съдържание 7
1 ВЪВЕДЕНИЕ 9
1.1 Цел и обхват на доклада по проекта 9
1.2 Принос към целите и ключовите етапи на работен пакет 2 9
1.3 Връзка с останалите задачи и работни пакети по проект LEONARDO 9
1.4 Структура на доклада по проекта 10
2 Проучване на пилотните обекти и описание на техните характеристики 11
2.1 Подход, обхват и структура на проучването на пилотните обекти 11
2.2 Резултати от проучването на пилотните обекти 11
2.2.1 Пилотен обект № 1: Резултати от проучването на италианския пилотен обект 12
2.2.2 Пилотен обект № 2: Резултати от проучването на австрийския пилотен обект 22
2.2.3 Пилотен обект № 3: Резултати от проучването на българо-гръцкия пилотен обект 28
2.3 Обобщени профили на пилотните обекти и опис на ресурсите за гъвкавост 34
3 Моделиране на сценарии на използване за конкретните пилотни обекти 37
3.1 Подход и структура за моделиране на сценарии на използване 37
3.2 Резултати от моделирането на сценарии на използване по пилотни обекти 38
3.2.1 Пилотен обект № 1: Италиански пилотен обект 38
3.2.1.1 UC- IT-01 – Агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси 40
3.2.1.2 UC-IT-02 – Участие в националния балансиращ пазар 45
3.2.1.3 UC-IT-03 – Организиране на местен пазар на гъвкавост за управление на мрежата на оператора на разпределителна система 50
3.2.2 Пилотен обект № 2: Австрийски пилотен обект 55
3.2.2.1 UC-AT-01 – Проучване на различни стратегии за участие на енергийните пазари в Австрия 57
3.2.2.2 UC-AT-02 – Структура на пазар на гъвкавост на равнище разпределителна мрежа. 62
3.2.2.3 UC-AT-03 – Координация на гъвкавостта между различни равнища 67
3.2.3 Пилотен обект № 3: Българо-гръцки пилотен обект 72
3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България 75
3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Трансгранично агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост между България и Гърция 81
3.3 Обобщен регистър на сценариите на използване 88
4 Рамка за оценка на резултатите и ключови показатели за ефективност 90
4.1 Подход за оценка и структура на рамката 90

4.2 Регистър на ключовите показатели за ефективност и параметри за наблюдение 90
4.2.1 Пилотен обект № 1: Италиански пилотен обект 91
4.2.2 Пилотен обект № 2: Австрийски пилотен обект 94
4.2.3 Пилотен обект № 3: Българо-гръцки пилотен обект 96
4.3 Обобщена рамка за оценка на резултатите 99
5 Проследимост и използване на резултатите от D2.2 102
5.1 Използване на резултатите в T2.5 – Технически изисквания и проект на системната архитектура 102
5.2 Използване на резултатите в работен пакет 3 – Управление на данни и събиране на данни 103
5.3 Използване на резултатите в работен пакет 4 – Алгоритми и услуги 104
5.4 Използване на резултатите в работен пакет 5 – Подготовка на пилотните обекти, интеграция, изпитване и оценка на резултатите 105
Заключения 107

1 ВЪВЕДЕНИЕ

Докладът по проекта D2.2 „Сценарии за използване на конкретните пилотни обекти и определяне на рамката за оценка на резултатите“ представя резултатите от задача 2.3 „Проучвания на пилотните обекти и сценарии за използване“ и задача 2.4 „Формулиране на рамката за оценка и ключовите показатели за ефективност“.

Докладът систематизира събраната в рамките на проект LEONARDO информация за конкретните пилотни обекти, моделирането на съответните сценарии за използване и определянето на рамката за оценка на свързаните с тях резултати. По този начин се осигурява единна основа за описание на отделните пилотни обекти, сценариите, свързани с гъвкавостта и предвидени за разглеждане в рамките на проекта, както и показателите за последващата им оценка.

1.1 Цел и обхват на доклада по проекта

Настоящият доклад има за цел да представи по съгласуван начин резултатите от изпълнението на задачи 2.3 и 2.4 за трите пилотни обекта по проект LEONARDO.

Документът обхваща три основни елемента: описание на характеристиките на пилотните обекти и потенциала им за гъвкавост; подробно моделиране на сценариите за използване на конкретните пилотни обекти; определяне на съответните ключови показатели за ефективност (КПЕ) и на рамка за наблюдение, съобразени с конкретните пилотни обекти и сценарии за използване.

В своята съвкупност тези елементи съставляват рамката, предвидена в D2.2, за сценариите за използване и за оценката на резултатите по отношение на конкретните пилотни обекти.

1.2 Принос към целите и ключовите етапи на работен пакет 2

Работен пакет 2 *„Определяне на основата за предоставяне на пазарни услуги, основани на енергийната гъвкавост в промишлеността, чрез използване на иновации в системите за управление на енергията“* полага основите за последващите дейности по разработване, внедряване и оценка в рамките на проект LEONARDO. Целите му включват определяне на сценарии за приложение и услуги за конкретните пилотни обекти, разработване на рамка за наблюдение и оценка, както и определяне на останалите технически, стопански, регулаторни и архитектурни предпоставки за изпълнението на проекта.

В рамките на този общ обхват D2.2 обобщава резултатите от задачи 2.3 и 2.4, като представя дефинициите на сценариите за използване за конкретните пилотни обекти и съответната рамка за оценка на резултатите. Тези резултати допринасят пряко за постигането на ключов етап 2 *„Наличие на рамка за оценка и проучвания на пилотните обекти“*, за който D2.2 е посочен като средство за проверка.

1.3 Връзка с останалите задачи и работни пакети по проект LEONARDO

В рамките на работен пакет 2 информацията за пилотните обекти и дефинициите на сценариите за използване, разработени по задача 2.3, представляват изходни данни за изпълнението на задача 2.5 „Технически изисквания и проекти на системната архитектура“. В рамките на тази задача се доуточняват архитектурата на платформата за активиране и

агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) по проект LEONARDO и пътната карта за интеграция.

Резултатите от задачи 2.3 и 2.4 служат и като изходни данни за последващите технически разработки в рамките на работни пакети 3 и 4. Резултатите от проучването на пилотните обекти и сценариите за използване подпомагат подготовката и изпитването на пилотните обекти по задачи 5.1 и 5.3. Разработената по задача 2.4 рамка за оценка на резултатите подпомага установяването на изходните показатели, изпитването и последващата оценка на резултатите по задачи 5.1, 5.3 и 5.4.

В глава 5 е разгледана по-подробно проследимостта на използването на резултатите от D2.2 в последващите дейности по проект LEONARDO.

1.4 Структура на доклада по проекта

Докладът е структуриран в пет основни глави:

Глава 1 определя целта и обхвата на документ D2.2, приноса му към работен пакет 2 и връзката му с последващите задачи и работни пакети по проекта LEONARDO.

Глава 2 излага подхода за проучване на пилотните обекти и изготвеното в резултат на проучването описание на характеристиките на трите пилотни обекта по проект LEONARDO.

В глава 3 са представени подходът за моделиране на сценариите за използване за конкретните пилотни обекти и разработените спецификации на тези сценарии.

Глава 4 съдържа рамката за оценка на резултатите и ключовите показатели за ефективност, включително показателите за конкретните пилотни обекти и сценарии на използване, както и съответните параметри за мониторинг.

Глава 5 установява взаимовръзката между характеристиките на пилотните обекти, сценариите за използване и ключовите показатели за ефективност и описва начина, по който резултатите от D2.2 се използват при последващите дейности по проект LEONARDO.

2 Проучване на пилотните обекти и описание на техните характеристики

В настоящата глава са изложени методиката и резултатите от проучванията на пилотните обекти, проведени в рамките на задача 2.3. Проучванията осигуряват единна основа за характеризиране на трите пилотни обекта по проект LEONARDO и участващите промишлени предприятия, като се обръща специално внимание на енергийния им профил, съществуващите енергийни технологии и промишлено оборудване, наличните ресурси за осигуряване на гъвкавост, наличието на данни и съответните експлоатационни условия. Събраната информация е обобщена в профили на пилотните обекти по единен образец, представени в следващите раздели.

2.1 Подход, обхват и структура на проучването на пилотните обекти

Разработен е единен образец за проучване на пилотните обекти с цел еднообразно събиране и структуриране на изходната информация за трите пилотни обекта по проект LEONARDO. Образецът позволява да се извърши достатъчно подробен преглед на текущото състояние на участващите промишлени обекти и същевременно гарантира, че събраната информация е пряко относима към установяването и последващата оценка на енергийната гъвкавост на промишлените обекти.

Проучването обхваща три основни групи информация. В първата част се събират основни данни за пилотните обекти, включително за потреблението на енергия, върховия товар и характеристиките на профила на натоварване, присъединяването към мрежата и съответните условия за управление. Във втората част се установяват наличните на площадката технологии за производство и съхранение на енергия и се документират основните им характеристики, наличието на данни и потенциалното им значение за проект LEONARDO. Третата част е посветена на промишленото оборудване и процесите, позволяващи гъвкаво управление, като обхваща енергийните им характеристики, класификацията им по отношение на гъвкавостта, наличните данни и интерфейси, времевата разделителна способност на данните и съответните експлоатационни или технологични ограничения.

За да се осигури последователно описание на различните ресурси за гъвкавост в пилотните обекти, в образеца се прилага единна класификация на гъвкавостта, която осигурява необходимата информация за разработките по работен пакет 4.

Образецът за проучване е попълнен за всеки пилотен обект, а предоставената информация е прегледана и оформена по единен начин, за да се осигури последователност при представянето на данните за трите пилотни обекта. Обобщените резултати от проучването са изложени в следващите раздели.

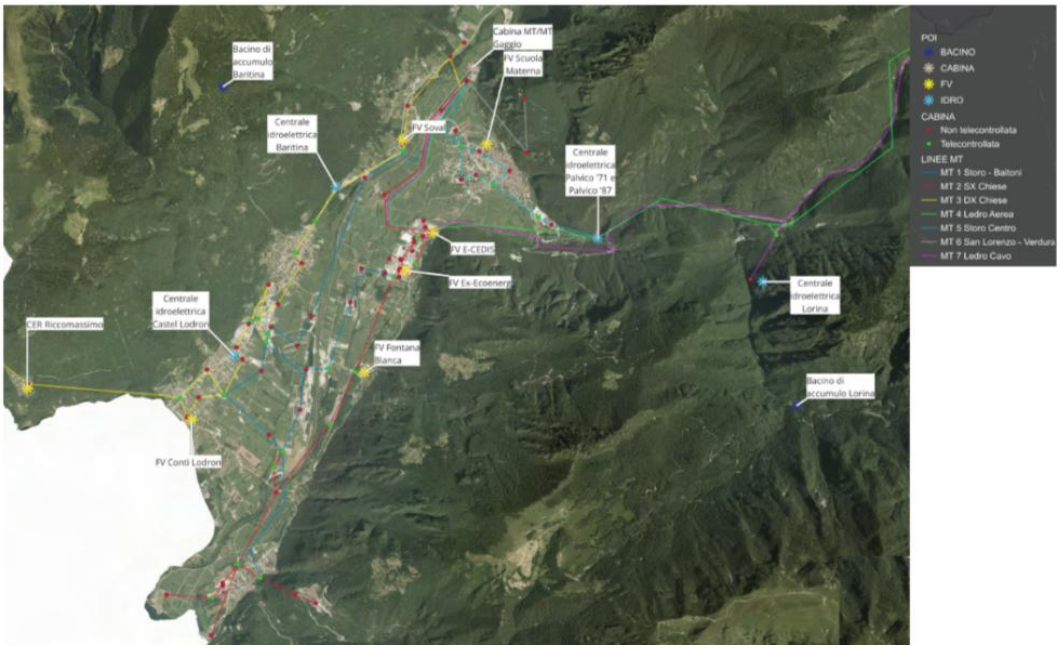
2.2 Резултати от проучването на пилотните обекти

Настоящият раздел съдържа информацията, събрана за всеки пилотен обект. Представените резултати описват фактическата конфигурация на отделните пилотни обекти, включително енергийните им характеристики, съществуващата инфраструктура, производството и съхранението на енергия на територията на обекта, промишленото оборудване и процесите, наличните възможности за гъвкавост и съответните условия на експлоатация.

2.2.1 Пилотен обект № 1: Резултати от проучването на италианския пилотен обект

Общ преглед на пилотния обект и на участващите промишлени обекти

Италианският пилотен обект обхваща територията на община Сторо (провинция Тренто), обслужвана от местния оператор на разпределителната система, Електроенергийния консорциум на Сторо (CEDIS). CEDIS е кооперация с дългогодишна дейност в производството на водноелектрическа енергия. За нея се прилага специална нормативна уредба, която допуска кооперациите от този вид да осъществяват едновременно производство на електроенергия и експлоатация на мрежата на съответната територия. CEDIS се състои от две обособени структури: мрежов оператор и енергийна кооперация с над 3 500 членове, граждани и местни предприятия, които заплащат по-ниски цени за електроенергията и потребяват електроенергия, произведена изцяло от възобновяеми източници. Енергийната кооперация притежава и експлоатира 6 водноелектрически централи и 12 фотоволтаични електроцентрали, които произвеждат общо приблизително 25 ГВтч електроенергия от възобновяеми източници годишно. Целта на използването на гъвкавостта на местните промишлени потребители при потреблението на енергия е да се увеличи максимално местното потребление на електроенергия от възобновяеми източници и да се сведе до минимум вносът на електроенергия от националната мрежа, като същевременно се подобри управлението на мрежата и се ограничат претоварванията. На следващата фигура е представена територията, обслужвана от CEDIS, включително линиите средно напрежение, трансформаторните постове за средно и ниско напрежение и водноелектрическите и фотоволтаичните електроцентрали.



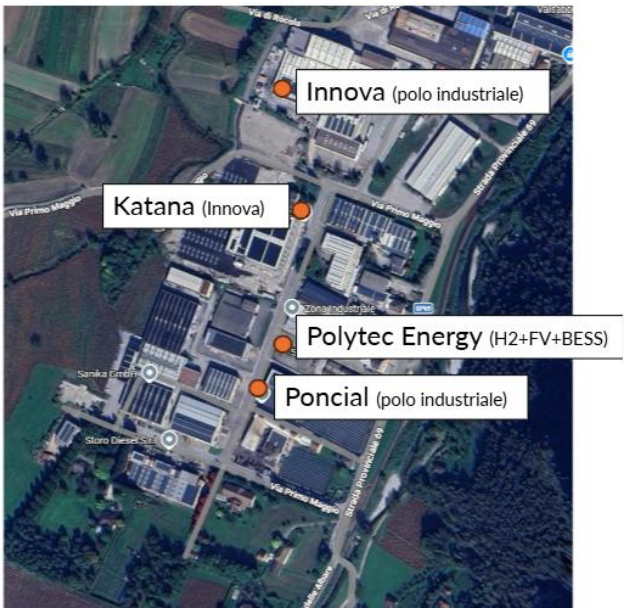
ФИГУРА1: ПИЛОТ #1 – МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ НА ОБСЛУЖВАНАТА ОТ CEDIS ТЕРИТОРИЯ

В изпитването на гъвкавостта участват трима основни промишлени партньори, всички с обекти в една и съща промишлена зона на територията на общината:

- **Innova (+ Katana)**: Голям промишлен производител на термопомпи, който разполага с няколко производствени линии за компоненти, термопомпи за отопление и охлаждане

на всички вътрешни помещения, електрокари, зарядни станции за електрически превозни средства и компресори, както и с технологични процеси за боядисване с газово подгряване.

- Poncial: Предприятие в сектора на черната металургия, специализирано в горещо коване и горещо щамповане, което разполага с 3 линии за горещо щамповане на стомана и една линия за закаляване.
- Polytec Energy: Дружеството е системен интегратор и инженерингова компания, специализирана в промишлената автоматизация и енергийния преход. То разработва софтуер за системи за управление на енергията, електроцентрали, използващи възобновяеми енергийни източници и роботизирани системи, съобразени с потребностите на тежката промишленост, производството и логистиката. Местният обект на дружеството допринася за осигуряването на гъвкавост чрез нов електролизьор с мощност 1 МВт и 2 батерийни системи за съхранение на енергия, подпомагани от стабилно местно производство на електроенергия от фотоволтаични източници.



ФИГУРА 2: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 – ПРОМИШЛЕНИ ПАРТНЬОРИ И ОСНОВНИ ЗАИНТЕРЕСОВАНИ СТРАНИ

В рамките на дейностите по работен пакет 2 е извършено проучване на оборудването на всеки участник с цел събиране на технически данни, включително за мощности и капацитети, стойности и профили на производството и потреблението, както и класифициране на оборудването съобразно типови модели на гъвкавост. Проучването има за цел да установи дали може да се предоставя услуга за гъвкавост или регулиране и ако да, от какъв вид. Резултатите са представени в следващите подраздели.

Основни данни за пилотния обект

Тъй като пилотният обект обхваща четири отделни, но взаимосвързани участника, по-долу са представени обобщените статистически данни за енергийните показатели на всеки от тях.

CEDIS може да допринася за гъвкавостта на собствената си мрежа по два начина: като производител на електроенергия чрез регулиране на производството във водноелектрическите централи, тъй като две от тях разполагат с водохранилища и могат да

регулират отдаваната си мощност; като оператор на мрежата чрез създаване на местен пазар на гъвкавост, който може да функционира като изцяло отворен пазар или въз основа на двустранни договори за гъвкавост с големи потребители като Innova.

Необходимо е обаче да се отчита цялостната характеристика на системата в пилотната зона, включително нейните географски особености и ограниченията на мрежата. В мрежата на CEDIS потреблението през типичен ден следва добре познатата крива на натоварване тип „патица", като пиковите стойности се наблюдават рано сутрин и в късния следобед или ранната вечер. При всички положения общата изменчивост на натоварването може да се определи като „висока", въпреки че общото потребление в мрежата следва определен профил и до известна степен подлежи на прогнозиране. Понастоящем се разработва и внедрява цялостна система за управление на енергията в разпределителната мрежа, като въвеждането ѝ в експлоатация е планирано преди края на 2026 г. Цялата мрежа е присъединена към националната мрежа посредством една подстанция с мощност 15 MBт и резервен трансформатор със същата мощност. Експлоатационните ограничения на мрежата са тясно свързани с осигуряването на електроенергия за потребителите.

ТАБЛИЦА 1: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 – ОСНОВНИ ДАННИ ЗА РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНАТА МРЕЖА

Потребление [MBтч/год.]	**Върхов товар [MBт]**	**Период на върхово натоварване**	**Изменчивост на товара**	**Мощност на присъединяване към мрежата [MBт]**	**Наличие на система за управление на енергията**
28 413	7 177	Ден	Висока	15	Скоро

Всеки от тримата промишлени потребители се характеризира със специфичен профил на потребление. Производствените линии на Innova работят на две смени (6–14 ч. и 14–22 ч.). Потреблението достига пикови стойности сутрин около 9–10 ч., а през втората смяна, когато не всички производствени линии работят, се задържа на постоянно и малко по-ниско равнище. Пиковият товар е два пъти по-висок от базовия, като профилът на потребление остава непроменен през цялата година. Макар управлението на определени товари да позволява известна гъвкавост, основните производствени линии трябва да работят в рамките на планираните смени. В началото на 2026 г. Innova е инсталирала голям брой интелигентни измервателни устройства, свързани със системата за управление на енергията. Те осигуряват по-добро наблюдение на потреблението по отделните производствени линии и в сградите и офисите, включително на потреблението на термопомпите за отопление, вентилация и климатизация. Това дава възможност за наблюдение в реално време на всички процеси в предприятието и за прилагане на мерки за повишаване на ефективността, когато е необходимо. В перспектива се предвижда прогнозите за потреблението да се съпоставят с пазарните цени с цел оптимизиране на работата на предприятието.

Poncial се захранва чрез 3 отделни точки на присъединяване към мрежата на средно напрежение. Максималният товар, измерен на страната на мрежата (т.е. без да се отчита собственото потребление на фотоволтаична електроенергия), е 1 250 кВт и се достига през работното време (6–18 ч.). Мощността, черпена от мрежата, обаче варира значително: в отделни дни максималната ѝ стойност е около 50% от годишния максимум, а колебанията ѝ

през работното време са в диапазона от 200 до 300 кВт. През 2025 г. годишното потребление на електроенергия от мрежата е 3 151 МВтч.

Polytec, от своя страна, не представлява типично промишлено предприятие с постоянен профил на натоварване и непрекъснато производство. Тъй като обектът все още не е започнал работа, цялото му натоварване ще се формира от един електролизьор. Първоначално този електролизьор ще определя основната част от профила на натоварване на обекта, а производството на водород ще зависи както от търсенето на водород, което все още не е потвърдено, така и най-вече от производството на фотоволтаичните електроцентрали на Polytec. Поради това променливостта на натоварването ще бъде максимална. Очаква се профилът на натоварване да се характеризира с много висока променливост, като натоварването ще варира в целия мощностен диапазон на електролизьора. Тъй като инсталацията е изцяло нова, интегрираната система за производство на водород, съхранение на енергия в батерии и фотоволтаично производство на електроенергия е оборудвана със система за управление на енергията. Тя позволява наблюдение в реално време и прецизно регулиране, включително с оглед на цените на електроенергията от мрежата и потенциалните инициативи за търговия. В следващата таблица наличието на система за управление на енергията е обозначено като „Скоро“, тъй като изграждането на цялата инсталация е в заключителен етап, но тя все още не е въведена в експлоатация.

ТАБЛИЦА 2: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 – ОСНОВНИ ДАННИ ЗА ПРОМИШЛЕНИТЕ ОБЕКТИ

	Потребление [МВтч/год.]	**Върхов товар [МВт]**	**Период на върхово натоварване**	**Изменчивост на товара**	**Мощност на присъединяване към мрежата [МВт]**	**Наличие на система за управление на енергията**
Innova	1 155	0,3	Ден	Висока	MV 1,08	ДА
Poncial	3 151	1,292	Ден	Висока	MV 1,44	Скоро
Polytec	4 731	1	Ден	Висока	MV 1,2	Скоро

Технологии за производство и съхранение на енергия на площадката

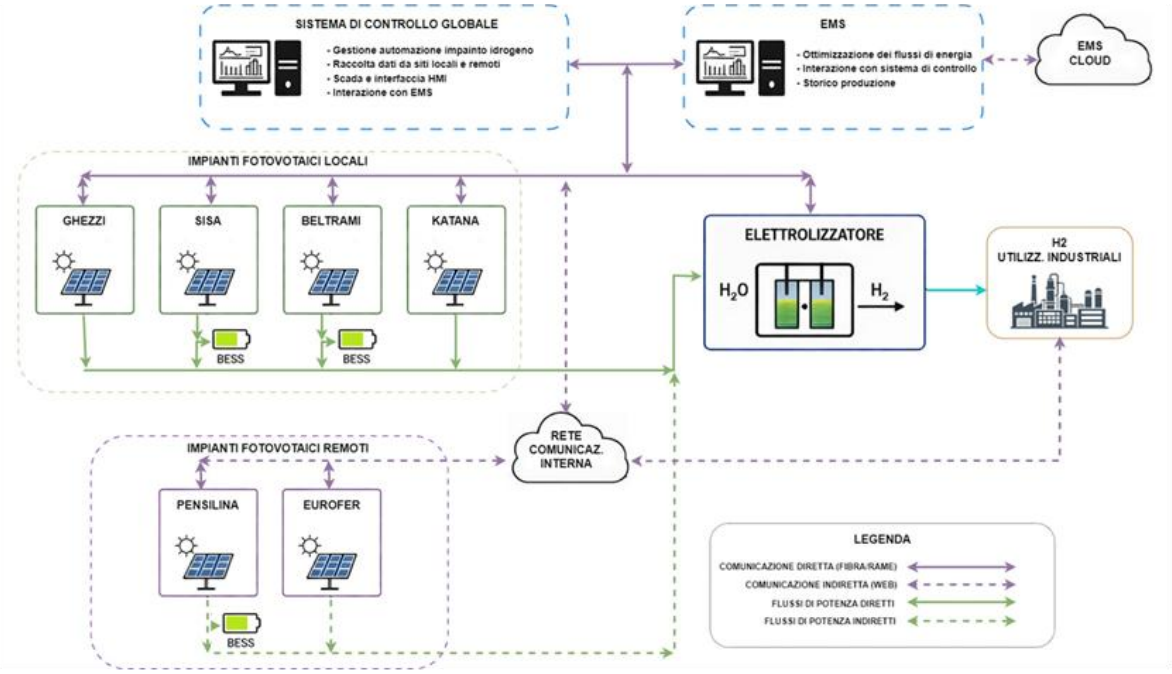
По отношение на производството на електрическа енергия на площадката CEDIS разполага със значителен портфейл от съоръжения, включващ фотоволтаични електроцентрали с обща мощност 2,146 МВт, руслови водноелектрически централи с обща мощност 3,816 МВт и водноелектрически централи с водохранилище с обща мощност 1,35 МВт и енергиен капацитет на водохранилището 4,4 МВтч. Освен това CEDIS притежава и експлоатира извън собствената си мрежа фотоволтаични електроцентрали с обща мощност 1,503 МВт и една руслова водноелектрическа централа с мощност 0,88 МВт, като отчита произведената от тях електрическа енергия чрез търговски схеми.

Innova разполага с две действащи покривни фотоволтаични електроцентрали с обща мощност 1 МВт, свързани към системата за управление на енергията, за които са налични исторически данни. Що се отнася до съхранението на енергия, Innova разполага с голям противопожарен резервоар, който се използва за съхранение на топлинна енергия и се загрява посредством термопомпа. Капацитетът му за съхранение е 3,5 МВтч топлинна енергия, което при приет

коефициент на трансформация 3 съответства на приблизително 1,15 МВтч електрическа енергия.

Poncial, от своя страна, разполага с две покривни фотоволтаични електроцентрали с обща мощност 300 кВт. Данните от интелигентните измервателни устройства за предходни периоди са налични само частично и не са обособени по отделни съоръжения. Към септември 2026 г. предприятието инсталира нови интелигентни измервателни устройства и внедрява нова система за управление на енергията.

Polytec участва в проекта с по-сложна система, представена на следващата фигура. Тя включва четири фотоволтаични електроцентрали, две от които са свързани със системи за съхранение на енергия в батерии. Извън мрежата на CEDIS са разположени още две фотоволтаични електроцентрали и една система за съхранение на енергия в батерии, които се отчитат чрез търговски схеми. Общата инсталирана фотоволтаична мощност в мрежата е 3,527 МВт, а общият капацитет за съхранение на енергия е 5,08 МВтч. Съоръженията извън местната мрежа осигуряват допълнителна фотоволтаична мощност от 1,2 МВт и капацитет за съхранение на енергия в батерии от 1,075 Мвтч. Системата на Polytec ще включва и два резервоара за съхранение на водород с общ капацитет 190 кг водород. Водородът представлява форма на съхранение на енергия като химична енергия и в зависимост от използваната система за преобразуване може да осигури допълнително производство на електроенергия в съответната мрежова зона (например 15/18 кВтч/кг при преобразуване чрез горивна клетка или 10-14 кВтч/кг при преобразуване чрез газова турбина). Всички компоненти на системата на Polytec са въведени в експлоатация наскоро, а достъпът до данните и тяхната наличност се осигуряват чрез системата за управление на енергията.



Фигура 3: Пилотен обект № 1 – общ преглед на енергийната система на Polytec

Таблица 3: Пилотен обект № 1 – технологии за производство и съхранение на енергия на площадката

Идентификатор на технологията	Технология	Инсталирана мощност	Включена в проект LEONARDO?	Класификация на гъвкавостта	Наличие на данни	Достъп до данни
1	Фотоволтаични електроцентрали на CEDIS в мрежата	2,146 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
2	Фотоволтаични електроцентрали на CEDIS извън мрежата	1,503 MW	Не	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
3	Руслови водноелектрически централи на CEDIS	3,816 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
4	Водноелектрическа централа „Лорина“ на CEDIS с водохранилище	1 MW 3.3MWh	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Диспечируемо производство B - Неявно или явно съхранение - Буферен запас от материал	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
5	Водноелектрическа централа „Баритина“ на CEDIS с водохранилище	0,35 MW 1,1 MWh	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Диспечируемо производство B - Неявно или явно съхранение - Буферен запас от материал	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
6	Руслова водноелектрическа централа на CEDIS извън мрежата	0,880 MW	Не	C - Производство на електроенергия на площадката -	Да	Система за диспечерско управление и събиране на

				Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)		данни/система за управление на енергията
7	Фотоволтаична електроцентрала на Innova	0,43 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
8	Фотоволтаична електроцентрала на Katana	0,56 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
9	Противопожарен резервоар на Innova	3.5 MWhth	Да	B - Неявно или явно съхранение – Съхранение на топлинна енергия	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
10	Фотоволтаични електроцентрали на Polytec в мрежата	3,527 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
11	Системи за съхранение на енергия в батерии на Polytec в мрежата	5,08 MWh	Да	B - Неявно или явно съхранение - Съхранение на енергия в батерии	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
12	Фотоволтаични електроцентрали на Polytec извън мрежата	1,2 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията

13	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	1,075 MWh	Да	B - Неявно или явно съхранение – Съхранение на енергия в батерии	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
14	Съхранение на водород (H2) на Polytec	190 кг водород (H2)	Да	B - Неявно или явно съхранение - Буферен запас от материал	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
15	Фотоволтаични електроцентрали на Poncial	0,3 MW	Да	C - Производство на електроенергия на площадката - Недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Частично	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията

Гъвкаво промишлено оборудване и процеси

На заключителния етап от проучването е извършена оценка на оборудването за крайно потребление на енергия, като са определени основните му характеристики (пиков товар и годишно потребление) и оборудването е класифицирано според степента на гъвкавост, която може да осигури.

В качеството си на мрежов оператор и производител на енергия от възобновяеми източници CEDIS не разполага с промишлено оборудване, което да бъде разгледано в настоящия раздел.

По отношение на Innova в рамките на проектните дейности са описани няколко процеса. Включването на основните производствени линии и процеси в сценарий за гъвкавост обаче е малко вероятно поради строгите ограничения, произтичащи от сменния режим на работа. Предприятието разполага с множество спомагателни съоръжения, подходящи за включване в рамката за гъвкавост. Инсталирани са два вида зарядни станции за електрически превозни средства, които позволяват на служителите да зареждат автомобилите си през работното време. При единия вид подаваната мощност подлежи на регулиране, докато другият функционира в режим на включване и изключване. Предприятието разполага и с голям брой термопомпи за отопление, вентилация и климатизация на вътрешните помещения, както и с една термопомпа за зареждане на голям вътрешен резервоар за съхранение на топлинна енергия. Мощността на тези термопомпи може да се регулира в диапазона от 30% до 100% от номиналната им мощност, като единственото допълнително ограничение е необходимостта от поддържане на топлинен комфорт за работещите в помещенията.

Poncial се захранва чрез 3 отделни точки на присъединяване на средно напрежение и експлоатира 3 индукционни пещи за нагряване на стомана (400 кВт, 800 кВт и 400 кВт) и една линия за закаляване (203,7 кВт). Не е било възможно да се оцени подробно степента на гъвкавост, която тези съоръжения могат да осигурят. Индукционните пещи обаче позволяват бързо регулиране на мощността в широк диапазон, в рамките на секунди или минути, а топлинната им инерция може да се използва за кратки периоди от 5 до 15 минути, без това да се отрази на качеството на продукцията. При пещта на линията за закаляване (200 кВт) този период може да бъде удължен до един час. Не е било възможно също така да се опишат подробно характеристиките на други съоръжения и процеси, включително триони, пясъкоструйна обработка, машини за рязане и станция за зареждане на електрокари. Понастоящем предприятието инсталира допълнителни интелигентни измервателни устройства и внедрява централизирана система за управление на енергията. Тези съоръжения ще бъдат включени в бъдещи анализи.

Всички съоръжения на Polytec имат значителен потенциал за гъвкава експлоатация. Графикът на работа на електролизьора може да се променя, а мощността му да се регулира при спазване на определени експлоатационни ограничения, включително ограничен брой включвания и изключвания на ден и време за увеличаване и намаляване на мощността от около 20 минути. Освен това електролизьорът ще работи само когато електроенергията за захранването му се доставя директно от фотоволтаичните електроцентрали на Polytec или от свързаните с тях системи за съхранение на електроенергия в батерии. Прякото потребление на електроенергия от електрическата мрежа се изключва.

Таблица 4: Пилотен обект № 1 – гъвкаво промишлено оборудване и процеси

Идентификатор на съоръжението	Съоръжение или процес	Върхов товар и период на върхово натоварване	Класификация на гъвкавостта	Наличие на данни	Наличие на данни / интерфейс за достъп до данни/източник	Времева разделителна способност на данните	Основни ограничения
1	Зарядни станции за електрически превозни средства на Innova (с регулируема мощност)	132 кВт през деня	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсваем процес с регулируема мощност	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	Работещите зареждат автомобилите си по време на работните смени
2	Зарядни станции за електрически превозни средства на Innova (с режим на включване и изключване)	220 кВт през деня	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсваем процес с постоянна мощност	Да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	Работещите зареждат автомобилите си по време на работните смени

3	Термопомпа за противопожарния резервоар на Innova	12 кВт - Гъвкав график	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсваем процес с регулируема мощност	Не	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	1) Минимална степен на зареждане на резервоара 2) Минимален товар 30%
4	Различни термопомпи за отопление, вентилация и климатизация на Innova	259 кВт по време на работните смени	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсваем процес с регулируема мощност	За повечето сгради – да	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	1) Топлинен комфорт в помещенията 2) Минимален товар 30%
5	Електролизьор на Polytec	1 МВт през деня	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсваем процес с възможност за регулиране	Текущите данни са налични; историческите все още не са.	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	1) Ограничен брой включвания и изключвания 2) Време за повишаване и понижаване на мощността = 20 минути
6	Системи за съхранение на енергия в батерии на Polytec в мрежата	2,4 МВт, гъвкав график	Явно съхранение - B - Система за съхранение на енергия в батерии	Текущите данни са налични; историческите все още не са.	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	
7	Система за съхранение на енергия в батерии на Polytec извън мрежата	0,5 МВт, гъвкав график	Явно съхранение - B - Система за съхранение на енергия в батерии	Текущите данни са налични; историческите все още не са.	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	
8	Индукционни пещи за горещо щамповане на Poncial	1,6 MW	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсваем процес с възможност за регулиране	Октомври 2026 г. - Няма исторически данни	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	1) Ограничен брой включвания и изключвания 2) Максимална продължителност на регулирането <15 минути

9	Пещ за закаляване на Poncial	0,2 MW	A - Процес, чийто график може да се променя – Прекъсвам процес с възможност за регулиране	Октомври 2026 г.; Няма налични исторически данни	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията	15 минути	Ограничен брой включвания и изключвания 2) Максимална продължителност на регулирането <1 час

2.2.2 Пилотен обект № 2: Резултати от проучването на австрийския пилотен обект

Общ преглед на пилотния обект и на участващите промишлени обекти

Австрийският пилотен обект се намира в югоизточната част на Щирия и включва промишлените предприятия Gsellmann Mischfuttererzeugung и Fleischhof Raabtal, които се различават по производствените си процеси и профилите си на енергийно потребление. Европейският център за възобновяема енергия в Гюсинг координира дейностите по австрийския пилотен обект. evon изпълнява функциите на център за събиране и обмен на данни за пилотния обект и осигурява достъп до промишлените данни посредством системи, инсталирани в двете предприятия. Това улеснява събирането и тълкуването на данните за енергийното потребление и производствените процеси и допринася за по-задълбочено разбиране на действащата логика на работа и управление.

Gsellmann осъществява дейност в сектора на производството на фуражи. Производствените дейности включват приемане и сушене на зърно, смилане, валцуване, пресоване, смесване, транспортиране и съхранение в силози. Потреблението на електроенергия се дължи основно на работата на двигателите и производственото оборудване, използвани при непрекъснати и периодични производствени процеси. Възможността за междинно съхранение в рамките на производствената система позволява графикът за изпълнение на определени технологични операции да бъде променян при спазване на ограниченията, произтичащи от производствения план.

Fleischhof Raabtal осъществява дейност в сектора на месопреработката, включително клане, разфасоване и преработка на месо, охлаждане, хладилно съхранение и експлоатация на работни зони с контролирана температура. Профилът на потреблението на електроенергия се обуславя в значителна степен от необходимостта от непрекъснато охлаждане. Поради това възможностите за гъвкаво управление на потреблението зависят основно от топлинната инерция на охлажданите помещения и от възможността за временно регулиране на режима на охлаждане, без да се нарушават изискванията за температура, хигиена и безопасност на храните.

Резултатите от проучването представят по единна структура енергийните характеристики, присъединяването към електрическата мрежа, системите за управление на енергията, технологиите за производство и съхранение на енергия на място и промишленото оборудване с потенциал за гъвкавост в двата обекта. Информацията е изложена поотделно за всеки

промишлен обект. Допълнителните енергийни и експлоатационни данни, предоставени от двете компании, допълват резултатите от проучването. В целия раздел ясно се разграничават потвърдените стойности, прогнозните стойности и данните, които подлежат на допълнително уточняване.

Основни данни за пилотния обект

- **Потребление на енергия:** Общото годишно потребление на електроенергия на Gsellmann възлиза на приблизително 3 700 MBтч. Благодарение на електроенергията, произведена от фотоволтаичните инсталации на територията на обекта, годишното количество електроенергия, получавано от обществената мрежа, е приблизително 2 371 MBтч. Годишното потребление на топлинна енергия на обекта е приблизително 7 000 MBтч, като тя се използва основно под формата на технологична пара за производството на фуражи. Общото годишно потребление на електроенергия на Fleischhof Raabtal възлиза на приблизително 5 800 MBтч. Фотоволтаичните инсталации на територията на обекта покриват част от това потребление, вследствие на което годишното количество електроенергия, закупувано от обществената мрежа, е приблизително 4 260 MBтч. Годишното потребление на топлинна енергия на обекта е приблизително 3 499 MBтч и е свързано с преработката на месо и съпътстващите я операции.
- **Върхов товар и товаров профил:** В Gsellmann кратковременните пикови стойности на електрическото натоварване достигат 1 500 кВт. Натоварването е най-високо през дневните производствени часове и варира значително в зависимост от работата на мелниците, валцовите машини и пресите съгласно производствения график. Във Fleischhof Raabtal профилът на електрическото натоварване се характеризира с постоянен базов товар, дължащ се на охлаждането и променливи товари, свързани с преработката на месо и работните зони с контролирана температура. Пиковите стойности обикновено се достигат през дневните работни часове.
- **Присъединяване към мрежата:** Gsellmann е присъединен към мрежата средно напрежение при договорена мощност за присъединяване от 1 300 кВт. Тази стойност определя обичайния предел на мощността, получавана от обществената мрежа. В обекта Fleischhof Raabtal присъединяването към мрежата осигурява електроенергията за частта от потреблението, която не се покрива от фотоволтаичното производство на място и позволява подаването на излишната фотоволтаична електроенергия в мрежата. Обектът разполага и със седем зарядни станции за променлив ток, всяка с по две зарядни точки с мощност 11 кВт, както и с една зарядна станция за постоянен ток с две зарядни точки с мощност 25 кВт. Така общият брой на зарядните точки е 16, а общата инсталирана мощност за зареждане е 204 кВт.
- **Експлоатационни ограничения:** В Gsellmann възможностите за гъвкав режим на работа са ограничени от договорения лимит на потребяваната мощност, производствените графици, клиентските поръчки и необходимостта от непрекъснатост на производствения процес. Във Fleischhof Raabtal температурните ограничения, изискванията за непрекъснатост на хладилната верига, хигиенните стандарти и

графиците за преработка на месо ограничават възможностите за регулиране на работата на хладилните инсталации и на други товари, свързани с производството.

- **Управление на енергията и контрол:** В двата промишлени обекта се използват системи за управление на енергията, чрез които се наблюдават енергопотреблението и съответните технологични параметри. В Gsellmann системата подпомага и управлението на натоварването в обекта въз основа на предварително определени приоритети за свързаното производствено оборудване. За проучените мелници и преси са налични енергийни и експлоатационни данни. Във Fleischhof Raabtal за проученото хладилно оборудване са налични енергийни и температурни данни. Системите на evon са инсталирани в двата обекта и осигуряват интерфейс за обмен на данни за австрийския пилотен обект. Чрез тях за анализите по проекта LEONARDO се предоставят съответните енергийни и технологични данни, както и информация за действащата логика на управление в обектите.

Технологии за производство и съхранение на енергия на площадката

На територията и на двата промишлени обекта се експлоатират фотоволтаични инсталации за производство на електрическа енергия. Gsellmann експлоатира две фотоволтаични инсталации с пикова мощност от 1 500 кВт всяка и обща инсталирана пикова мощност от 3 000 кВт. Годишното производство на електрическа енергия от тези инсталации възлиза на приблизително 2 799 МВтч, от които приблизително 1 339 МВтч се подават в електроенергийната мрежа.

В обекта на Gsellmann е инсталирана и батерийна система за съхранение на енергия с капацитет 6 МВтч. Предвижда се системата да бъде въведена в експлоатация през 2026 г.

Fleischhof Raabtal експлоатира фотоволтаични инсталации с обща инсталирана пикова мощност 1,75 кВт. Инсталациите произвеждат приблизително 1 810 МВтч електрическа енергия годишно, от които приблизително 118 МВтч се подават в електроенергийната мрежа.

Предвижда се допълнително увеличаване на пиковата мощност на фотоволтаичните инсталации с приблизително 250 до 300 кВт. Разглежда се и възможността за бъдещо инсталиране на батерийна система за съхранение на енергия на обекта.

ТАБЛИЦА 4: ТАБЛИЦА: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 2 - ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО И СЪХРАНЕНИЕ НА ЕНЕРГИЯ НА ПЛОЩАДКАТА –

Идентификатор на технологията	Технология	Инсталирана мощност	Включена в проект LEONARDO?	Класификация на гъвкавостта	Наличие на данни	Достъп до данни
GS-PV1	Фотоволтаична инсталация – Gsellmann	1 500 кВт пик	Да	Производство на електроенергия на площадката; клас C; недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Налични са текущи и исторически данни	Инсталирана система за управление на енергията

GS-PV2	Фотоволтаична инсталация – Gsellmann	1 500 кВт пик	Да	Производство на електроенергия на площадката; клас C; недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Налични са текущи и исторически данни	Инсталирана система за управление на енергията
GS-BESS1	Съхранение на енергия в батерии – Gsellmann	6 MWh	Да	Неявно или явно съхранение; клас B; съхранение на енергия в батерии	Понастоящем няма налични експлоатационни данни	Предвиден е достъп чрез инсталираната система след въвеждането в експлоатация
FR-PV1	Фотоволтаична инсталация – Fleischhof Raabtal	1757 кВт пик	Да	Производство на електроенергия на площадката; клас C; недиспечируемо производство (от възобновяеми енергийни източници)	Налични са текущи и исторически данни	Инсталирана система / експортиране на данни

Гъвкаво промишлено оборудване и процеси

Двата промишлени обекта се различават съществено по характера на наличната им гъвкавост. В Gsellmann тя вече се използва за вътрешни нужди с цел ограничаване на пиковото потребление от мрежата и поддържане на товара на обекта в рамките на договорената мощност на присъединяване към мрежата от 1 300 кВт. Съществуващата система за управление на товара работи по предварително определен ред на приоритетите. Когато товарът на обекта се доближи до договорената граница, определени мелници могат първо да бъдат превключени от режим на работа под товар в режим на празен ход, а при необходимост от допълнително намаляване на товара да бъдат изключени.

Възможните режими на работа зависят от вида на съответното оборудване. Мелниците и валцовите машини могат да работят под товар, да продължат да работят на празен ход или да бъдат изключени. Пресите за зърно не разполагат с режим на работа на празен ход, поради което могат само да продължат производството или да бъдат изключени. Описът на ресурсите за гъвкавост е съсредоточен върху производственото оборудване, интегрирано в съществуващата система за управление на товара.

Gsellmann изпълнява производствените поръчки в кратки срокове и може да променя последователността на изпълнението им в рамките на същия ден. Ето защо най-реалистичната възможност за допълнителна гъвкавост е изместването на отделни технологични операции с няколко часа, например към периоди с по-голямо производство на електроенергия от фотоволтаични източници или с по-благоприятни цени на електроенергията. При това производствените изисквания и приоритетите на клиентите остават определящите ограничения.

Във Fleischhof Raabtal основните процеси, свързани с гъвкавостта, са охлаждането и съхранението при ниски температури. Съответните съоръжения включват камера за

съхранение на замразени храни, хладилна камера и работно помещение с контролирана температура.

Работната мощност на камерата за съхранение на замразени храни е от 40 до 130 кВт, а годишното ѝ потребление на електроенергия е приблизително 456 МВтч. Температурата в камерата следва да се поддържа на −18 °C или по-ниска. Работната мощност на хладилната камера е от 10 до 85 кВт, а годишното ѝ потребление на електроенергия е приблизително 277 МВтч. Целевата температура в нея е +2 °C. Температурата в работното помещение с контролирана температура следва да се поддържа между 8 °C и 12 °C. Минималните стойности на работната мощност отразяват почти непрекъснатата работа на части от охладителните системи.

Потенциалната гъвкавост се обуславя от възможността за регулиране на режима на охлаждане в рамките на допустимите температурни граници и за използване на топлинната инерция на охлажданите зони. Предварителното охлаждане въз основа на прогноза би могло да позволи изместване във времето на част от потреблението на електроенергия за охлаждане в зависимост от цените на електроенергията и метеорологичните условия. Допустимото отклонение на температурата, продължителността на намаляването на товара и последващото потребление, необходимо за възстановяване на работния режим, все още следва да бъдат потвърдени с представителите на обекта.

Инсталираните мощности и работните диапазони на двата обекта не се приравняват на гъвкавост, разполагаема във всеки момент. Разполагаемата гъвкавост през конкретен период зависи от състоянието на производството, действащите приоритети при управлението на товара, температурните ограничения и продължителността, през която може да се поддържа съответната промяна в режима на работа. Тези параметри ще бъдат допълнително оценени въз основа на наличните експлоатационни данни.

Таблица 5: Пилотен обект № 2 - гъвкаво промишлено оборудване и процеси

Идентификатор на съоръжението	Съоръжение или процес	Върхов товар и период на върхово натоварване	Класификация на гъвкавостта	Наличие на данни	Интерфейс за достъп до данни/източник	Времева разделителна способност на данните	Основни ограничения
GS-A1	Мелница за зърно 3.01 – Gsellmann	140 кВт, през деня; работа на празен ход при 20 кВт	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-A2	Мелница за зърно 3.02 – Gsellmann	80 кВт, през деня; работа на празен ход при 10 кВт	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план

GS-A3	Валцова машина 3.01 – Gsellmann	30 кВт, през деня; работа на празен ход при 10 кВт	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	Не се съобщава	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-A4	Преса за зърно 4.01 – Gsellmann	100 кВт, през деня	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-A5	Преса за зърно 5.01 – Gsellmann	80 кВт, през деня	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-A6	Преса за зърно 6.01 – Gsellmann	100 кВт, през деня	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-B1	Мелница за зърно 310 – Gsellmann	170 кВт, през деня; работа на празен ход при 30 кВт	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-B2	Валцова машина 310 – Gsellmann	25 кВт, през деня; работа на празен ход при 15 кВт	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути, посочени в проучването	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
GS-B3	Преса за зърно 1 – Gsellmann	110 kW, day	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути, посочени в проучването	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план

			постоянна мощност				
GS-B4	Преса за зърно 2 – Gsellmann	110 кВт, през деня	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Налични са текущи данни, няма исторически данни	Експортиране на данни чрез evon; подготвя се по-често предоставяне на данни	15 минути, посочени в проучването	Условия за снабдяване с електроенергия; производствен план
FR-A1	Камера за съхранение на замразени храни – Fleischhof Raabtal	40–130 кВт, през деня; 456 МВтч през 2025 г.	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с регулируема мощност	Налични са текущи и исторически данни	Инсталирана система с достъп чрез evon; подготвя се връзка за редовно предаване на данни	15 минути	Температурата трябва да се поддържа на −18°C или по-ниска
FR-A2	Хладилна камера – Fleischhof Raabtal	10–85 кВт, през деня; 277 МВтч през 2025 г.	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с регулируема мощност	Налични са текущи и исторически данни	Инсталирана система с достъп чрез evon; подготвя се връзка за редовно предаване на данни	15 минути	Целева температура +2°C
FR-A3	Работно помещение с контролирана температура – Fleischhof Raabtal	Капацитетът и върховият товар не са посочени; през деня	Процес, чийто график може да се променя (А): Прекъсваем процес с регулируема мощност	Налични са текущи и исторически данни	Инсталирана система с достъп чрез evon; подготвя се връзка за редовно предаване на данни	15 минути	Температурата трябва да се поддържа между 8°C и 12°C

2.2.3 Пилотен обект № 3: Резултати от проучването на българо-гръцкия пилотен обект

Общ преглед на пилотния обект и на участващите промишлени обекти

Българо-гръцкият пилотен обект има трансграничен характер и обхваща две взаимосвързани балансиращи зони: зоната на София, управлявана от българския оператор на електропреносната система „Електроенергиен системен оператор“ (ECO) и зоната на Солун, управлявана от Независимия оператор на електропреносната система на Гърция (IPTO). Зоните са свързани чрез междусистемната електропреносна връзка между България и Гърция. Проучването обхваща два промишлени обекта, по един от всяка страна на границата: българския промишлен клъстер, включващ „Стомана Индъстри“, „София Мед“ и ETEM Гестамп

и промишления комплекс на HELLENiQ ENERGY в Солун, Гърция. Университетът в Патра координира пилотния обект от двете страни на границата.

„Стомана Индъстри“ е производител на стомана, чието предприятие включва четири основни производствени цеха: електростоманодобивен, листопрокатен, валцовъчен и топков. Дружеството се нарежда сред петте най-големи потребители на електроенергия в България. В рамките на пилотния обект „Стомана“ предоставя агрегирани услуги за гъвкавост на българския промишлен клъстер, който ръководи. Дружеството участва пряко в търговията на българските пазари на електроенергия „Ден напред“ и „В рамките на деня“, организирани от „Българска независима енергийна борса“ (БНЕБ) и самостоятелно изпълнява функциите на лице, отговорно за баланса. „София Мед“ осъществява леене, валцуване и екструзия на мед, като дейността ѝ обхваща процесите от топенето и леенето на мед и медни сплави до оформянето на материала чрез валцуване и екструзия. Основната дейност на ETEM Гестамп е екструзията на алуминий и свързаните с нея последващи операции по обработка. Дружеството разполага и с фотоволтаична инсталация на производствената си площадка.

Промишленият комплекс на HELLENiQ ENERGY в Солун включва рафинерия от типа „хидроскиминг“, в която суровият нефт се преработва в непрекъснат режим чрез дестилация, последваща вторична преработка и хидрообработка. В комплекса се извършва и съпътстващо нефтохимическо производство, включително производство на полипропилен на обособена производствена линия. Комплексът е присъединен към електропреносната мрежа на IPTO и участва чрез доставчик на услуги по агрегиране на гръцките пазари на електроенергия „Ден напред“ и „В рамките на деня“, управлявани от Гръцката енергийна борса (HEnEx).

Двата обекта принадлежат към два съществено различни промишлени сектора (електродъгово производство на стомана и обработка на мед и алуминий, от една страна, и нефтопреработване, от друга) и както е видно от следващите подраздели се отличават с два принципно различни профила на наличната гъвкавост. От всичките четири промишлени обекта са получени попълнени формуляри за проучването, съдържащи основни данни за пилотния обект, за технологиите за производство и съхранение на енергия на площадката и за промишленото оборудване и процесите, допускащи гъвкаво управление. Представените по-долу резултати отразяват информацията точно във вида, в който е предоставена. Липсата на посочена стойност или нейната неприложимост е отбелязана изрично.

Основни данни за пилотния обект

- **Потребление на енергия:** Посочените стойности се отнасят за всеки промишлен обект поотделно, а не за пилотния обект като цяло. За „Стомана“ е посочено годишно потребление на електроенергия от 412 576 MBтч, без данни за потреблението на топлинна енергия. За „София Мед“ и ETEM Гестамп е посочено годишно потребление на електроенергия съответно от 85 453,53 MBтч/год. и 25 600 MBтч/год., без данни за потреблението на топлинна енергия за нито един от двата обекта.
- HELLENiQ отчита годишно потребление на електрическа енергия в размер на 227 493 MBтч и годишно потребление на топлинна енергия в размер на 146 765,5 тона мазутен еквивалент, равняващи се на 1 640 581 MBтч. Тези данни отразяват определящата роля на горивата в процеса на рафиниране.

- **Върхов товар и товаров профил:** „Стомана“ посочва пиково електрическо натоварване от 115 МВт, „София Мед“ – 15,4 МВт, ETEM Гестамп – 5,5 МВт, а HELLENiQ – 31,3 МВт. Всички посочени обекти заявяват, че пиковото потребление е през деня. „Стомана“, ETEM Гестамп и HELLENiQ определят колебанията в натоварването като слаби, а „София Мед“ – като значителни.
- **Присъединяване към мрежата:** Участващите обекти са присъединени към мрежата на различни нива на напрежение. „Стомана“ е присъединена на свръхвисоко напрежение (над 150 кВ), като посочените мощности на присъединяване за двете линии са съответно 200 MBA и 180 MBA. „София Мед“ е присъединена на високо напрежение със захранване при 110 кВ. ETEM Гестамп посочва трансформация на напрежението 20/0,4 кВ в рамките на електрическата си инфраструктура. HELLENiQ е присъединена на високо напрежение (36–150 кВ), като посочената мощност на присъединяване е 89 MBA за всяка от двете линии. Описаната електроенергийна инфраструктура съответства на насочеността на пилотните сценарии за използване към операторите на преносни системи.
- **Експлоатационни ограничения:** И двете страни са посочили експлоатационни ограничения, които и в двата случая се отнасят до графика. За нито един от двата обекта не е посочено ограничение на потребяваната мощност или на мощността, отдавана към мрежата.
- **Управление и контрол на енергията:** И двете страни са посочили, че разполагат със системи за управление на енергията на ниво промишлен обект. „Стомана“ и ETEM Гестамп използват инсталирани системи за управление на енергията на Schneider Electric, „София Мед“ е посочила, че разполага със система за управление на енергията, а HELLENiQ използва системите за управление на енергията Powernet и zenon на PROTASIS. Понастоящем данните за процесите и от двете страни се извличат чрез ръчно експортиране. Достъпът до батерията на „Стомана“ е осигурен чрез интерфейс към система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията. Чрез такъв интерфейс е осигурен достъп и до фотоволтаичната инсталация на ETEM Гестамп.

Технологии за производство и съхранение на енергия на площадката

В хода на проучването на площадките на пилотния обект са установени две енергийни технологии: система за съхранение на енергия в батерии с капацитет 0,2 МВтч на площадката на „Стомана“ и фотоволтаична инсталация с мощност 4 МВт на площадката на ETEM Гестамп. Батерията на „Стомана“ е включена в дейностите по проект LEONARDO и е достъпна чрез интерфейс към системата за диспечерско управление и събиране на данни/системата за управление на енергията. Фотоволтаичната инсталация се наблюдава чрез собствената ѝ инфраструктура за управление на енергията/диспечерско управление и събиране на данни. „Стомана“ е посочила, че не разполага с фотоволтаични, водноелектрически, вятърни или водородни инсталации, нито с инсталации за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия. HELLENiQ е отбелязала „неприложимо“ за всички категории, от което следва, че на площадката на гръцкия обект не се произвежда и не се съхранява енергия.

Това е отличителна характеристика на българо-гръцкия пилотен обект, която го разграничава от останалите два пилотни обекта по проект LEONARDO: при липсата на значителни разпределени енергийни ресурси и от двете страни потенциалът му за гъвкавост произтича почти изцяло от промишлените процеси, а не от съоръжения за производство или съхранение на енергия. Енергийният капацитет на батерията от 0,2 MBтч е твърде малък спрямо върховите товари на обектите, съответно 115 MBт и 31,3 MBт, за да има съществен принос при подаването на оферти на пазара. Поради това основното ѝ значение е като референтно съоръжение за достъп до данни и интегриране на управлението. Фотоволтаичната инсталация с мощност 4 MBт не променя съществено тази характеристика, тъй като мощността ѝ остава ограничена спрямо промишленото потребление на клъстера. Тя служи предимно като местен източник на електроенергия, а не като значим ресурс за гъвкавост.

Таблица 6: Пилотен обект № 3 – технологии за производство и съхранение на енергия на площадката

Идентификатор на технологията	Технология	Инсталирана мощност	Включена в проект LEONARDO?	Класификация на гъвкавостта	Наличие на данни	Достъп до данни
batt 1	Съхранение на енергия в батерии („Стомана“)	0,2 MWh	Да	Неявно или явно съхранение; клас B; съхранение на енергия в батерии	Налични	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията
pv 1	Недиспечируем възобновяем енергиен източник (ETEM)	4 MW	Да	Производство на електроенергия на площадката; клас C	Налични	Система за диспечерско управление и събиране на данни/система за управление на енергията

Гъвкаво промишлено оборудване и процеси

Характерът на промишлената дейност във всеки обект определя наличната гъвкавост. „Стомана“ осъществява електростоманодобив, при който електростоманодобивният цех потребява много голяма електрическа мощност за отделните плавки, чието начало може да се измества към по-ранен или по-късен момент в рамките на производствения план. Четирите групи гъвкаво оборудване, посочени от „Стомана“, са отнесени към типовия модел „Процес, чийто график може да се променя“ (клас A) с подтип „Прекъсваем процес с постоянна мощност“ и формират преобладаващата част от потреблението на обекта. „София Мед“ и ETEM Гестамп също посочват промишлени процеси, чийто график може да се променя, но с по-ниски мощности и различни производствени характеристики. За разлика от тях HELLENiQ осъществява непрекъснат процес на рафиниране, при който според предоставената от обекта информация промените в режима на работа са редки и са ограничени от производствените изисквания.

От българска страна оборудването, посочено от „Стомана“, включва оборудване за топене на скрап в електродъговите пещи (инсталирана мощност 195 MBA, 205,08 ГВтч/год.,

неедновременен върхов товар 107 МВт), за вторична металургия в кофъчните пещи (36 MBA, 26,53 ГВтч/год., 34,8 МВт), останалото оборудване в електростоманодобивния цех (13 MBA, 22,59 ГВтч/год., 11,3 МВт) и филтриращите инсталации (17 MBA, 18,4 ГВтч/год., 14,4 МВт). Първите три групи достигат върхово натоварване през деня, а филтриращите инсталации през нощта. По отношение на останалото оборудване в електростоманодобивния цех следва да се има предвид, че от общия му товар единствено процесът на разливане на стомана с приблизителна мощност 5 MBA се счита за източник на гъвкавост. Мощностите на двигателите на отделните агрегати в електростоманодобивния цех са потвърдени, но мощността, която може да бъде предоставена за осигуряване на гъвкавост, периодите на предоставянето ѝ и нейната разполагаемост продължават да зависят от проверката и потвърждаването на технологичните ограничения в рамките на пилотния обект. „София Мед" посочва три основни групи процеси за обработка на мед: леярна (33,88 ГВтч/год., върхов товар 7,01 МВт), валцуване (41,83 ГВтч/год., върхов товар 8,77 МВт) и екструзия (9,74 ГВтч/год., върхов товар 1,76 МВт). И трите групи достигат върхово натоварване през деня и са определени като процеси с график, подлежащ на промяна. Поради това гъвкавостта им се изразява основно в изместване във времето на електроенергоемките производствени операции в рамките на производствения график при спазване на изискванията за непрекъснатост на производството и качество на продуктите. ETEM Гестамп посочва екструзия на алуминий (15,57 ГВтч/год.), вторична обработка (4,47 ГВтч/год.) и допълнителна група промишлени процеси (0,56 ГВтч/год.). И трите групи са класифицирани по типовия модел „Процес, чийто график може да се променя" (клас А), с подтип „Прекъсваем процес с постоянна мощност". Съответно гъвкавостта им се изразява основно в изместване във времето или прекъсване на производствените операции в рамките на допустимите времеви интервали за изпълнение. Точната мощност, която може да бъде предоставена за осигуряване на гъвкавост, периодите и продължителността на предоставянето ѝ продължават да зависят от проверката и потвърждаването на равнище технологичен процес.

Единственото съоръжение, посочено от гръцка страна, е двигателят на екструдера на линията за производство на полипропилен, с инсталирана мощност 5 400 кВт, потребление 70 459 МВтч/год. и върхов товар 4 670 кВт. Регулиране е възможно за част от потребяваната мощност, но в рамките на не повече от 1 МВт. Основните ограничения произтичат от технологичните изисквания и търговските потребности на предприятието. Не е налице определен период на върхово потребление, тъй като потреблението се изменя според произвежданата марка полипропилен.

Две различия между обектите са от съществено значение за моделирането. Първото се отнася до мащаба: българският клъстер включва оборудването на „Стомана" с възможност за гъвкаво управление, работещо с мощности от порядъка на десетки мегавати, както и допълнителни процеси в „София Мед" и ETEM Гестамп, чиито графици могат да се променят. За разлика от това регулируемата мощност на съоръжението на HELLENiQ е ограничена до около 1 МВт. Поради това българският клъстер има преобладаващ принос към агрегираната енергийна гъвкавост на пилотния обект. Второто различие се отнася до времевата разделителна способност на данните: за българския клъстер са налични данни с 15-минутна разделителна способност, а за HELLENiQ с едночасова. Това ограничава времевата разделителна способност, с която могат да се определят характеристиките на трансгранично агрегираната гъвкавост. И

за двата обекта са налични текущи и исторически данни, които понастоящем се извличат чрез ръчно експортиране.

ТАБЛИЦА 7: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 3 - ГЪВКАВО ПРОМИШЛЕНО ОБОРУДВАНЕ И ПРОЦЕСИ

Идентификатор на съоръжението	Съоръжение или процес	Върхов товар и период на върхово натоварване	Класификация на гъвкавостта	Наличие на данни	Интерфейс за достъп до данни/източник	Времева разделителна способност на данните	Основни ограничения
BG-A1	Топене на скрап – електродъгови пещи („Стомана“)	107 MBт през деня	Процес, чийто график може да се променя (A): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Технологични ограничения
BG-A2	Вторична металургия – кофъчни пещи („Стомана“)	34,8 MBт през деня	Процес, чийто график може да се променя (A): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Технологични ограничения
BG-A3	Melt shop rest – casting (STOMANA)	11,3 MBт през деня	Процес, чийто график може да се променя (A): Прекъсваем процес с постоянна мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	От товара на останалото оборудване в електростоманодобивния цех само процесът на разливане на стомана (приблизително 5 MBA) може да осигурява гъвкавост
BG-A4	Филтриращи инсталации („Стомана“)	14,4 MBт през нощта	Процес, чийто график може да се променя (A); Прекъсваем процес с постоянна мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Технологични ограничения
BG-A5	Леярна („София Мед“)	7,01 MBт, през деня	Процес, чийто график може да се променя (A)	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Производствен график
BG-A6	Валцуване („София Мед“)	8,77 MW, day	Процес, чийто график може да се променя (A)	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Производствен график/технологични ограничения
BG-A7	Екструзия („София Мед“)	1,76 MBт, през деня	Процес, чийто график може да се променя (A)	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Производствен график/технологични ограничения
BG-A8	Екструзия на алуминий (ETEM Гестамп)	3,39 MBт, наблюдавана максимална	Процес, чийто график може да се променя (A); Прекъсваем процес	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата	15 минути	Технологични ограничения

		стойност, през деня	с постоянна мощност		за управление на енергията		
BG-A9	Вторична обработка (ETEM Гестамп)	1,01 МВт, наблюдавана максимална стойност, през деня	Процес, чийто график може да се променя (А); Прекъсваем процес с постоянна мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Технологични ограничения
BG-A10	Допълнителна група промишлени процеси (ETEM Гестамп)	0,82 МВт, наблюдавана максимална стойност, през деня	Процес, чийто график може да се променя (А); Прекъсваем процес с постоянна мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	15 минути	Предстои потвърждаване на точното наименование на процеса и специфичните за него технологични ограничения
GR-A1	Двигател на екструдера, линия за производство на полипропилен (HELLENiQ)	4,67 МВт, без конкретен период на върхово потребление	Процес, чийто график може да се променя (А): Непрекъсваем процес с регулируема мощност	Исторически данни	Ръчно експортиране от системата за управление на енергията	на час	Максимална регулируема мощност 1 МВт; технологични и търговски изисквания; изменя се в зависимост от марката полипропилен

2.3 Обобщени профили на пилотните обекти и опис на ресурсите за гъвкавост

Трите пилотни обекта по проект LEONARDO се различават съществено по организацията на промишлените дейности и конфигурацията на енергийните системи. Възможностите им за гъвкавост включват управление на разпределени промишлени товари и енергийни ресурси в рамките на местна електроразпределителна зона в Италия, гъвкавост на технологичните процеси в два средни по размер обекта от хранително-вкусовата промишленост в Австрия и гъвкавост на мащабни промишлени процеси с високо потребление на електроенергия в България и Гърция.

Италианският пилотен обект обединява разнообразни разпределени енергийни ресурси, включително промишлени електрически товари, производство на електроенергия от фотоволтаични инсталации, системи за съхранение на енергия в батерии, електролизьор и ресурси за електромобилност. Конфигурацията му позволява да се оценяват както услуги по балансиране, предоставяни на операторите на преносни системи, така и приложения на гъвкавостта за местни нужди на равнището на оператор на разпределителна система.

Австрийският пилотен обект обхваща два промишлени обекта с различни възможности за гъвкавост. В Gsellmann гъвкавостта е свързана предимно със смилането на зърно и други производствени електрически товари, като се допълва от производството на електроенергия от фотоволтаични инсталации и съществуващата логика за управление на товарите. Предвижда се въвеждането в експлоатация на вече инсталирана батерийна система за съхранение на енергия. Във Fleischhof Raabtal основният потенциал за гъвкавост е свързан с охлаждането и хладилното съхранение, при които потреблението на електроенергия може да

се измества във времето при спазване на определени температурни, хигиенни и производствени ограничения. Гъвкавостта за нуждите на операторите на разпределителни системи се оценява въз основа на представителни сценарии.

Българо-гръцкият пилотен обект се характеризира с най-големите промишлени товари. Основният му потенциал за гъвкавост произтича от процесите на производство на стомана в електрически пещи в „Стомана“, докато регулируемата част от товара при екструзията на полипропилен в HELLENiQ ENERGY е значително по-малка. В сравнение с италианския и австрийския пилотен обект производството и съхранението на енергия на площадката имат ограничено значение. Поради това възможностите за осигуряване на гъвкавост са свързани предимно с агрегирането и планирането на промишленото потребление съобразно пазарните условия.

ТАБЛИЦА 8: ОБОБЩЕНИ ПРОФИЛИ НА ПИЛОТНИТЕ ОБЕКТИ И ОПИС НА РЕСУРСИТЕ ЗА ГЪВКАВОСТ

Пилотен обект	Промишлена среда	Основни ресурси за гъвкавост	Енергийни условия, управление и ограничения
Италиански пилотен обект	Промишлени потребители на територията, обслужвана от разпределителната мрежа на Електроенергийния консорциум на Сторо (CEDIS)	Промишлени товари, системи за съхранение на енергия в батерии (BESS), електролизьорни системи, инфраструктура за зареждане на електрически превозни средства и електрокари и други управляеми разпределени енергийни ресурси (DER).	Разнообразен портфейл от съоръжения за производство и съхранение на енергия. Гъвкавостта е ограничена от технологичните изисквания, ограниченията за времето за отклик, границите на допустимите работни режими на системите за съхранение и условията за достъп до пазара.
Австрийски пилотен обект	Производство на фуражи в Gsellmann и преработка на месо с хладилно съхранение във Fleischhof Raabtal.	Товари, свързани със смилането на зърно и други производствени процеси, хладилни системи, зони за хладилно съхранение с възможност за гъвкаво управление на охлаждането и съхранение на енергия в батерии.	На територията на двата обекта се произвежда електроенергия чрез фотоволтаични инсталации, а в Gsellmann е инсталирана батерийна система за съхранение на енергия, чието въвеждане в експлоатация предстои. Данните се предоставят чрез evon. Възможностите за гъвкаво управление на потреблението са ограничени от производствените графици, наличните времеви интервали за изместване на електрическия товар, температурните ограничения, хигиенните изисквания и ограниченията, свързани с

			поддържането на хладилната верига.
Българо-гръцки пилотен обект	Електростоманодобив в „Стомана“, обработка на мед в „София Мед“, обработка на алуминий в ETEM Гестамп и производство на полипропилен в HELLENiQ ENERGY	Електродъговите и ковшовите пещи, останалите технологични процеси в електростоманодобивния цех и филтриращите инсталации в „Стомана“; леярното производство, валцуването и екструдирането в „София Мед“; екструдирането на алуминий и натоварванията от последващата обработка в ETEM Гестамп; както и регулируемата част от натоварването на екструдера за полипропилен в HELLENiQ ENERGY.	Гъвкавостта се осигурява предимно от големи промишлени електрически товари, докато производството и съхранението на енергия на площадката имат ограничено значение. Основните експлоатационни ограничения произтичат от необходимостта да се поддържа непрекъснатостта на производството, да се гарантират качеството на продукцията и безопасността на технологичните процеси и да се отчитат различията във времевата разделителна способност на данните за двата обекта.

Като цяло обобщеният преглед показва, че пилотните обекти обхващат широк спектър от възможности за енергийна гъвкавост в промишлеността: от разпределени ресурси и ресурси, подпомагани от системи за съхранение на енергия, до гъвкавост на технологичните процеси в промишлени предприятия със среден мащаб и високо електропотребление.

3 Моделиране на сценарии на използване за конкретните пилотни обекти

В настоящата глава са представени подробните спецификации и моделирането на сценариите за използване за всеки пилотен обект. Сценариите са предварително определени в рамките на проекта и впоследствие са конкретизирани съобразно специфичните условия на трите пилотни обекта по проект LEONARDO.

Моделирането е съсредоточено върху конкретните условия за реализиране на всеки сценарий за използване. То обхваща промишлената среда, пазарния или системния контекст, участниците, необходимите данни, последователността на действията и очакваните резултати. Отчитат се и приложимите технически, експлоатационни и регулаторни ограничения.

За всички пилотни обекти е използвана единна структура на представяне. Така се осигурява последователно и съпоставимо описание на сценариите за използване, като същевременно се отчитат особеностите на всеки пилотен обект и всеки сценарий.

3.1 Подход и структура за моделиране на сценарии на използване

Разработен е единен образец за моделиране на сценариите за използване, въз основа на който се изготвят подробните им спецификации за трите пилотни обекта.

Образецът е структуриран така, че да обхваща основните елементи, необходими за изчерпателното описание на всеки сценарий за използване. Първо се посочват общата цел, обхватът и очакваният резултат от сценария. След това се описва промишлената среда, като се определят технологичните процеси, съоръженията и ресурсите за гъвкавост, които са от значение за съответния пилотен обект.

В рамките на описанието на пазарния и системния контекст се определят механизмът за предоставяне на гъвкавост и пазарните условия, разглеждани в съответния сценарий за използване. Участниците и ролите им се посочват отделно с оглед изясняване на техните отговорности и взаимодействия.

Оперативната част на образеца определя условията за задействане на сценария за използване и предвидената последователност на процеса. Тя обхваща събитието, което задейства сценария, необходимите входни данни, правилата за вземане на решения, предвиденото действие и резултата от него. В нея се посочват също системите и информацията, необходими за осъществяване на процеса, както и основните технически, експлоатационни и регулаторни ограничения.

Накрая за всеки сценарий за използване се представя основна последователност от действия, обхващаща процеса от първоначалното задействащо събитие до очаквания резултат.

Подходът към моделирането се основава на принципите на методологията за сценарии за използване съгласно IEC 62559 и на архитектурния модел на интелигентната електроенергийна мрежа (SGAM). Те осигуряват структурирана рамка за описание на участниците, взаимодействията, информационните потоци и оперативните процеси.

Разработените спецификации на сценариите за използване служат като обща основа за ключовите показатели за ефективност, представени в глава 4 за съответните пилотни обекти и сценарии.

3.2 Резултати от моделирането на сценарии на използване по пилотни обекти

В настоящия раздел се представят подробните резултати от моделирането на сценариите за използване за всеки пилотен обект. Всеки сценарий е описан съгласно единната структура, като са отчетени специфичните за него промишлени и експлоатационни условия, както и пазарният и системният контекст.

3.2.1 Пилотен обект № 1: Италиански пилотен обект

Общ преглед на сценариите на използване за пилотния обект

Италианският пилотен обект е разположен в промишления клъстер на Сторо, в който осъществяват дейност предприятия от различни отрасли и който се обслужва от Електроенергийния консорциум на Сторо (CEDIS) в качеството му на местен оператор на разпределителна система (DSO). CEDIS е малък по мащаб, но стратегически значим оператор на разпределителна система. Той управлява затворена разпределителна мрежа, към която са присъединени няколко промишлени потребители, съоръжения за производство на енергия от възобновяеми източници (предимно фотоволтаични и водноелектрически) и все повече гъвкави разпределени енергийни ресурси (DER), включително батерийни системи за съхранение на енергия (BESS) и електролизьор.

В споразумението за безвъзмездно финансиране (GA) първоначално са предвидени четири сценария за използване за пилотния обект в Италия: GA-UC#1 – предоставяне на услуги за гъвкавост чрез агрегирани промишлени товари и разпределени енергийни ресурси с участието на външния доставчик на услуги за агрегиране Flexcity, който използва собствена платформа за наблюдение и диспечиране, изградена върху Grafana (платформа за наблюдение и визуализация на данни) и обменяща информация с оператора на преносната система; GA-UC#2 – използване на функционалностите за агрегиране и динамично диспечиране на платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) за предоставяне както на енергийни услуги (намаляване на пиковото потребление и използване на разликите между спот цените), така и на спомагателни услуги (например услуги, предоставяни чрез системи за съхранение на енергия в батерии на пазара на диспечерски услуги (MSD)) посредством разпределени енергийни ресурси, включително електролизьора; GA-UC#3 – разширяване на функционалностите на платформата чрез набора от инструменти на iFAAP с оглед на бъдещо участие на пазар на спомагателни услуги, реформиран вследствие на промени в политиката и осигуряващ благоприятни условия за участие на ресурси за гъвкавост на потреблението; GA-UC#4 – разработване на пазарни механизми за преодоляване на локални претоварвания на равнището на оператора на разпределителната система чрез

местен пазар за гъвкавост, подкрепен и от платформа за обмен на данни относно гъвкавостта между операторите на преносни и разпределителни системи.

В хода на проекта италианският консорциум целенасочено преобразува първоначалните четири сценария за използване в три, за да запази пълния обхват на предвидените услуги и същевременно да разработи сценарии, съобразени в по-голяма степен с действително наличната инфраструктура на пилотния обект, институционалното положение на CEDIS като малък местен оператор на разпределителна система и развитието на националната регулаторна рамка към настоящия момент. Преработването не води до занижаване на амбициозността на проекта: трите сценария обединяват и прецизират първоначалните четири в по-съгласувана и приложима структура. Съответствието с първоначалните сценарии за използване съгласно споразумението за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ е следното:

- **UC-IT-01 „Агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси“** обхваща агрегирането и координираното управление чрез платформата по GA-UC#1, GA-UC#2 и GA-UC#3. Основното отклонение от предвиденото в споразумението за безвъзмездна финансова помощ се състои в замяната на външния доставчик на агрегирани услуги Flexcity и неговата платформа (Grafana) с вътрешно решение, а именно платформата FLEXIA. Тя е разработена в рамките на италианския проект FLEXIA, финансиран от Министерството на околната среда и енергийната сигурност на Италия (MASE) и се експлоатира пряко от CEDIS в качеството му на доставчик на услуги по балансиране (BSP) и доставчик на агрегирани услуги. Тази промяна съответства в по-голяма степен на мащаба на пилотния обект, премахва зависимостта от външен търговски субект и улеснява прилагането на модела при сходни условия от малки оператори на разпределителни системи.
- **UC-IT-02 - „Участие в националния балансиращ пазар“** обхваща аспектите на спомагателните услуги и участието в балансиращия пазар по GA-UC#2 и GA-UC#3, с акцент върху ресурси с по-бърз отклик (системи за съхранение на енергия в батерии, електролизьор, интелигентни зарядни устройства) за възстановяване на честотата и предоставяне на резерв за заместване. Чрез симулации той осигурява доказателствена основа за бъдещо взаимодействие с регулаторните органи – по-реалистичен подход предвид липсата на официален статут на CEDIS като доставчик на услуги по балансиране понастоящем – и обхваща също рамката за координация между операторите на преносни и разпределителни системи, първоначално предвидена в GA-UC#4, чрез симулирано участие в италианския пазар на диспечерски услуги/балансиращ пазар, управляван от италианския оператор на електропреносната система Terna.
- **UC-IT-03 „Организиране на местен пазар на гъвкавост за управление на мрежата на оператора на разпределителна система“** обхваща изцяло GA-UC#4, като го надгражда с по-подробно разработена пазарна структура, съобразена с рамката за местен пазар на гъвкавост, установена с Решение № 352/2021 г. на Италианския регулаторен орган за енергетиката, мрежите и околната среда (ARERA), както и с действащите италиански пилотни проекти EDGE, MiNDFlex и RomeFlex. Обхватът му включва и оптимизацията, свързана с пазара на едро. Качеството на CEDIS на местен

оператор на разпределителна система със затворена разпределителна мрежа и преките му отношения с присъединените промишлени потребители обуславят по-естественото прилагане на подход, основан на местен пазар на гъвкавост и по-голямото му експлоатационно значение за италианския пилотен обект. Преработеният UC-IT-03 осигурява по-пълно и технически съгласувано разглеждане на гъвкавостта от гледна точка на оператора на разпределителната система. То обхваща структурата на симулирания пазар, двойната роля на CEDIS като оператор на разпределителна система и пазарен оператор и взаимодействието с условията на пазара на едро.

В трите преработени сценария за използване платформата FLEXIA, съвместно с iFAAP, представлява общата технологична основа и замества платформата Grafana на Flexcity, първоначално описана в споразумението за предоставяне на безвъзмездно финансиране. Това обединяване отчита както достъпността на FLEXIA благодарение на паралелния проект, финансиран от Министерството на околната среда и енергийната сигурност на Италия, така и необходимостта от единно оперативно съвместимо решение, което да осигурява балансиране на равнище оператор на преносна система, местна гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система и вътрешно управление на енергията в рамките на една оперативна среда.

Таблица 9: Пилотен обект № 1 – общ преглед на сценариите на използване

Идентификатор на сценария на използване	Наименование на сценария на използване	Основна насоченост
UC-IT-01	Агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси	Предоставяне на услуги за гъвкавост чрез агрегиране на промишлени товари и разпределени енергийни ресурси посредством платформата FLEXIA, с CEDIS като доставчик на услуги по балансиране/доставчик на агрегирани услуги
UC-IT-02	Участие в националния балансиращ пазар	Проучване на възможностите за участие в балансиращия пазар с акцент върху ресурси с по-бърз отклик, като системи за съхранение на енергия в батерии и електролизьор, чрез платформата FLEXIA
UC-IT-03	Организиране на местен пазар на гъвкавост за управление на мрежата на оператора на разпределителна система	Проучване на възможностите за създаване на местен пазар на гъвкавост за управление на потреблението с цел максимално увеличаване на собственото потребление в рамките на CEDIS и решаване на проблемите с ограничаването на производството на енергия от възобновяеми източници и свързаното с него претоварване на мрежата чрез платформата FLEXIA

3.2.1.1 UC- IT-01 – Агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси

Описание на сценария на използване - UC- IT-01

UC-IT-01 е основният сценарий на използване за италианския пилотен обект. Целта му е внедряването и валидирането на оперативно съвместимата платформа за агрегиране FLEXIA, разработена в рамките на италианския проект FLEXIA, финансиран от Министерството на околната среда и енергийната сигурност на Италия (MASE). Платформата трябва да осигурява координирано планиране и активиране на услуги за гъвкавост, предоставяни от различни промишлени съоръжения и разпределени енергийни ресурси в района, обслужван от разпределителната мрежа на CEDIS. За разлика от първоначално предвидения в

споразумението за безвъзмездно финансиране модел, основан на използването на външен търговски доставчик на агрегирани услуги (Flexcity) и неговата платформа, UC-IT-01 предвижда CEDIS пряко да изпълнява функциите на доставчик на услуги по балансиране и доставчик на агрегирани услуги. По този начин се осигурява пълно съответствие с местните мрежови условия, изискванията за киберсигурност и регулаторната рамка за услугите за гъвкавост на равнището на оператор на разпределителна система в Италия. Сценарият на използване има хоризонтален обхват и осигурява общата платформена инфраструктура за UC-IT-02 (национален балансиращ пазар) и UC-IT-03 (местен пазар на гъвкавост). Очакваният резултат е валидирана, сигурна и удобна за ползване платформа, която позволява надеждно и координирано планиране и активиране на услуги за гъвкавост при спазване на експлоатационните ограничения на отделните промишлени процеси.

ТАБЛИЦА 10: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 - UC- IT-01 – ОСНОВНИ ОБЩИ ПАРАМЕТРИ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-IT-01 — Агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси
Кратко описание	Експлоатация на платформата FLEXIA за координирано управление на изготвянето на графици и активирането на гъвкавост от промишлени съоръжения и разпределени енергийни ресурси на територията, обслужвана от CEDIS, като CEDIS изпълнява ролята на доставчик на услуги по балансиране/доставчик на агрегирани услуги.
Цел / предназначение	Внедряване на оперативно съвместима и цялостна платформа за координирано управление на графиците и активирането на услуги за гъвкавост от различни промишлени съоръжения и разпределени енергийни ресурси на територията, обслужвана от CEDIS, която гарантира ефективно подпомагане на работата на мрежата при съобразяване с основните производствени процеси на предприятията и изискванията им за киберсигурност.
Разглеждано системно равнище	Платформа за агрегиране
Очакван резултат	Валидирана, сигурна и лесна за използване платформа за планиране на предоставянето и активирането на агрегирана енергийна гъвкавост от множество промишлени съоръжения и разпределени енергийни ресурси в зоната на обслужване на CEDIS.

Промишлена среда - UC- IT-01

На територията, обслужвана от електроразпределителната мрежа на CEDIS, има група промишлени потребители с различни производствени процеси и енергийни профили, които формират портфейл от взаимно допълващи се ресурси за гъвкавост. Групата включва предприятия с периодични производствени процеси (например машиностроително производство), предприятия с непрекъснати производствени процеси, батерийни системи за съхранение на енергия, електролизьор за производство на водород и инфраструктура за интелигентно зареждане на електрически превозни средства и електрокари. Разнообразието от ресурси, обхващащо топлинни и производствени процеси с бавен отклик и системи за електрохимично съхранение на енергия с бърз отклик, е ключова характеристика на пилотния обект и основен предмет на дейностите по агрегиране.

Таблица 11: Пилотен обект № 1 - UC- IT-01 – основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Смесен промишлен клъстер: дискретно производство с периодични процеси; промишленост с непрекъснати процеси; съхранение на енергия и производство на водород.
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Охлаждане / отопление / производствени линии / работа на системи за съхранение на енергия в батерии / работа на електролизьор / интелигентно зареждане на електрически превозни средства и електрокари / пещи
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Охлаждане / отопление / производствени линии / зареждане и разреждане на системи за съхранение на енергия в батерии / регулиране на мощността на електролизьора / интелигентно зареждане на електрически превозни средства и електрокари / пещи
Мащаб на гъвкавостта	Единично съоръжение (за агрегиране чрез платформата FLEXIA в рамките на територията, обслужвана от CEDIS).
Равнище на управление	Чрез система за управление на енергията (системата за управление на енергията на отделното съоръжение е свързана чрез интерфейс с платформата FLEXIA; системата е инсталирана и конфигурирана от доставчиците на системи за управление на енергията Maps Energy (MAPS), Ecoenerg и Polytec).

Пазарна и системна среда - UC- IT-01

UC-IT-01 обхваща няколко категории механизми, тъй като платформата FLEXIA е предназначена за трите пазарни контекста, включени в италианския пилотен обект: вътрешните двустранни договори между CEDIS и промишлените потребители; участието на пазара на едро, националните балансиращи пазари и пазарите на спомагателни услуги; както и местния пазар на гъвкавост в мрежата на CEDIS. Работният процес на платформата включва прогнозиране на гъвкавостта, изготвяне на графици и подаване на сигнали за активиране и обхваща целия оперативен цикъл от планирането за следващия ден до диспечирането в почти реално време. Сценарият е на етап симулация, а платформата FLEXIA се разработва в рамките на проекта FLEXIA, финансиран от Министерството на околната среда и енергийната сигурност на Италия. Икономическите ползи, предвидени в UC-IT-01, произтичат от намаляването на разходите на CEDIS и промишлените потребители чрез максимално увеличаване на собственото потребление, както и от плащанията за услуги в подкрепа на мрежата и възнагражденията от балансиращия пазар и пазара на едро.

Таблица 12: Пилотен обект № 1 - UC- IT-01 – основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Вътрешни механизми (двустранни договори между CEDIS и промишлените предприятия) / Търговия на едро / Балансиране / Спомагателни услуги / Управление на претоварването (местен пазар на гъвкавост в мрежата на CEDIS).
Целеви пазар	Пазар „Ден напред“ / Балансиращ пазар / Местен пазар на гъвкавост (MLF).

Категория на задействащото събитие	Прогноза за гъвкавостта / график за предоставяне на гъвкавост / сигнал за активиране на гъвкавостта.
Степен на зрялост	На етап симулация (платформата се разработва по проект FLEXIA, финансиран от Министерството на околната среда и енергийната сигурност на Италия; функционирането ѝ в пилотния обект ще бъде валидирано чрез симулация).
Основен фактор за създаване на стойност	Икономии / Приходи / Подпомагане на работата на мрежата / Максимизиране на собственото потребление
Източник на приходи / ползи	Намаляване на разходите за CEDIS и промишлените потребители / Пазарни възнаграждения от балансиращия пазар и пазара на едро / Плащания за услуги в подкрепа на мрежата.

Участници в сценария на използване - UC- IT-01

Промишлени обекти (Innova, Polytec и Poncial): Предоставят на платформата FLEXIA гъвкави товари и разпределени енергийни ресурси. Всеки обект подава данни за наличната си гъвкавост и експлоатационните си ограничения чрез своята локална система за управление на енергията, която обменя данни пряко с платформата.

CEDIS (местен оператор на разпределителна система и доставчик на услуги по балансиране / доставчик на агрегирани услуги): Установява потребностите на мрежата и наличните пазарни възможности, управлява платформата FLEXIA, изготвя графици за предоставяне на гъвкавост и активира гъвкавостта в рамките на агрегирания портфейл. CEDIS изпълнява функциите, първоначално предвидени за външния доставчик на агрегирани услуги Flexcity, като организира агрегирането като вътрешна дейност на оператора на разпределителната система и осигурява съгласуваност с управлението на местната мрежа.

Maps Energy + Фондация „Бруно Кеслер“: Отговарят за разработването на платформата FLEXIA в съответствие с изискванията на заинтересованите страни и препоръките за киберсигурност.

Ecoenerg / Polytec (доставчици на системи за управление на енергията): Инсталират и конфигурират системите за управление на енергията на отделните промишлени съоръжения, като осигуряват пряк и стандартизиран обмен на данни между съоръженията и платформата FLEXIA.

Изпълнение на сценария на използване - UC- IT-01

Изпълнението на UC- IT-01 обхваща три оперативни етапа: прогнозиране и изготвяне на графици за следващия ден; оптимизация и предварителна оценка; активиране в почти реално време. Платформата непрекъснато получава данни от промишлените системи за управление на енергията, прогнози за производството на електроенергия и пазарни сигнали и извършва многокритериална оптимизация с цел изготвяне на графици за предоставяне на гъвкавост. При получаване на сигнал за активиране от CEDIS в качеството му на оператор на разпределителна система или от националния оператор на преносна система платформата извършва многокритериална оптимизация, за да определи най-подходящата стратегия за предоставяне на гъвкавост, като отчита експлоатационните условия на наличното оборудване. След това платформата изпраща зададените стойности за активиране към системите за управление на

енергията на отделните съоръжения, чрез които се управлява съответното физическо оборудване. Мерките за предоставяне на гъвкавост могат да включват изместване на товара във времето или намаляването му, промяна на графиците на процесите, зареждане или разреждане на системите за съхранение на енергия в батерии и регулиране на мощността на електролизьора. Очакваният резултат е предварително планиране на гъвкавостта и успешното ѝ активиране, когато това се налага от условията в мрежата или на пазара.

ТАБЛИЦА 13: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 - UC- IT-01 – ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Сигнал от мрежата (напр. ограничаване на фотоволтаичното производство) / прогноза за производството на електроенергия и пазарните условия / заявка за спомагателни услуги от националния оператор на електропреносната система (Terna).
Входни данни / променливи	Производствени графици на промишлените обекти и данни за потреблението в почти реално време; прогнози и данни за производството на електроенергия в почти реално време; прогнози и данни от измервания на потоците на мощност в мрежата в почти реално време; прогнози за цените на пазара „Ден напред" и на балансиращия пазар.
Логика за вземане на решения	Платформата FLEXIA извършва многокритериална оптимизация въз основа на получените данни и изпраща зададени стойности при активиране към системите за управление на енергията на отделните съоръжения, които управляват физическото оборудване.
Очаквано действие	Изместване на товара във времето / намаляване на товара / промяна на графиците на процесите / зареждане или разреждане на системите за съхранение на енергия в батерии / регулиране на мощността на електролизьора.
Очакван резултат	Предварително планирана гъвкавост, която се активира успешно при необходимост.

Системи, данни и ограничения

Използвани системи: Платформата FLEXIA за агрегиране и оптимизация (проект на Министерството на околната среда и енергийната сигурност на Италия); локалните системи за енергийно управление на отделните промишлени обекти (Maps Energy, Ecoenerg, Polytec); системите за диспечерско управление и събиране на данни; инструментите за прогнозиране на производството на електроенергия и електрическия товар; интерфейсите за връзка с пазарни платформи, включително с платформата на оператора на енергийните пазари в Италия (GME) за националните пазари, с местния пазар на гъвкавост (MLF) и с Piclo или равностойна платформа за местния пазар.

Използвана информация: Данни за потреблението на всяко съоръжение в реално време и прогнози за това потребление; прогнози за производството на електроенергия от фотоволтаични и други източници; измерени стойности на потока на мощност на границата на мрежата на CEDIS; цени на пазарния сегмент „Ден напред"; сигнали от балансиращия пазар; експлоатационни ограничения и графици за работа на отделните съоръжения.

Технически и експлоатационни ограничения: Ограничения на капацитета на отделните съоръжения; допустими температурни граници на топлинните процеси; ограничения относно нивото на заряд и циклите на зареждане и разреждане на батерийните системи за съхранение на енергия; максимална продължителност на прилагане на нова зададена стойност; минимално време за отклик на бързодействащите ресурси; изисквания за непрекъснатост при изпълнението на производствения график; изисквания за осигуряване на комфорт при

отопление и охлаждане; изисквания за киберсигурност и поверителност на данните при обмена на данни с платформата.

Пазарни и регулаторни ограничения: Условия за достъп на CEDIS до балансиращия пазар в качеството му на доставчик на услуги по балансиране; двустранни договорни отношения между CEDIS и промишлените потребители; съответствие с Общия регламент относно защитата на данните и Директива (ЕС) 2022/2555 относно мерки за високо общо ниво на киберсигурност в Съюза (Директива МИС 2) при обработването на данни от платформата.

Основен сценарий на използване

Задействане: CEDIS установява предстоящо ограничение в електроенергийната мрежа или получава пазарен сигнал (например прогноза за свръхпроизводство на електроенергия от фотоволтаични източници, високи цени на пазара на едро).

Оценка: Платформата FLEXIA събира данни и прогнози от всички свързани съоръжения и от мрежата в почти реално време и оценява наличната агрегирана енергийна гъвкавост на портфейла.

Решение: Платформата оптимизира предоставянето на гъвкавост и изготвя график за него, като подбира ресурсите въз основа на тяхната разполагаемост, време за реакция и разходи. CEDIS преглежда и потвърждава графика.

Активиране: При получаване на сигнал за активиране от CEDIS в качеството му на оператор на разпределителната система или от Terna платформата изпраща към системите за управление на енергията на отделните съоръжения команди за задаване на целеви стойности. В отговор съоръженията регулират електрическия си товар или производството на електроенергия при спазване на експлоатационните си ограничения.

Наблюдение и резултат: Платформата проследява реакцията на всяко съоръжение при предоставяне на гъвкавост. Резултатите се регистрират в дневник и се използват за сетълмент, отчетност и проверка на ключовите показатели за ефективност.

3.2.1.2 UC-IT-02 – Участие в националния балансиращ пазар

Описание на сценария на използване - UC-IT-02

UC-IT-02 предвижда симулирано участие на CEDIS като доставчик на услуги по балансиране на националния пазар на балансиращи и спомагателни услуги, управляван от оператора на преносната система чрез пазара на диспечерски услуги (MSD) и механизма за допуснати до участие смесени виртуални единици (UVAM – групи от обекти за производство и потребление на електроенергия, управлявани съвместно от доставчик на услуги по агрегиране). Въз основа на инфраструктурата за агрегиране, изградена в рамките на UC-IT-01, този сценарий на използване дава приоритет на ресурсите с бърза реакция, по-специално инсталацията за съхранение на енергия в батерии, електролизьора и интелигентните зарядни устройства за електрически превозни средства и електрокари, които могат да предоставят услуги за възстановяване на честотата с време за реакция от 5 до 15 минути. За промишлените товари с по-бавна реакция се предвиждат услуги по предоставяне на заместващ резерв с време за

реакция от 30 до 60 минути. Сценарият е изрично разработен като симулация, съобразена с действащата регулаторна уредба в Италия: като малък местен оператор на разпределителна система CEDIS среща пречки пред прякото си участие на пазара на диспечерски услуги, произтичащи от минималния праг за подаване на оферти и изискванията за предварителна квалификация. Симулацията ще позволи количествена оценка на потенциалния принос на агрегирания портфейл на CEDIS за балансирането на национално равнище и за координацията между операторите на преносни и разпределителни системи, както и ще предостави валидирана доказателствена основа за бъдещо взаимодействие с регулаторните органи.

Таблица 14: Пилотен обект № 1 - UC-IT-02 – основни общи параметри на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-IT-02 – Участие в националния балансиращ пазар
Кратко описание	Моделиране на участието на CEDIS в националния пазар на диспечерски услуги (MSD) / балансиращия пазар, управляван от оператора на преносната система, евентуално чрез предвидените механизми за участие на смесени виртуални единици, с акцент върху бързодействащите ресурси (батерийни системи за съхранение на енергия, електролизьор и интелигентни зарядни устройства) за предоставяне на услуги по възстановяване на честотата и осигуряване на резерв за заместване.
Цел / предназначение	Агрегираната чрез платформата FLEXIA енергийна гъвкавост се предлага на оператора на преносната система посредством механизмите за диспечиране на пазара на диспечерски услуги и по схемата за смесени виртуални единици, допуснати до участие. За целите на симулацията CEDIS изпълнява ролята на доставчик на услуги по балансиране. Акцентът е върху ресурсите, осигуряващи по-бърз отклик за възстановяване на честотата (5-15 минути) и върху предоставянето на резерв за заместване от ресурсите с по-бавен отклик (30-60 минути).
Разглеждано системно равнище	Платформа за агрегиране / експлоатация на националната електроенергийна мрежа / балансиращ пазар.
Очакван резултат	Потвърден е потенциалът на агрегирания портфейл на CEDIS да осигурява гъвкавост при предоставянето на спомагателни услуги на национално равнище. Извършена е количествена оценка на приходите по сценарии и са установени техническите и регулаторните пречки пред реалното участие.

Промишлена среда - UC-IT-02

UC-IT-02 използва същото оборудване като UC-IT-01, но целенасочено дава приоритет на съоръженията с по-бърз и по-добре управляем отклик. Системата за съхранение на енергия в батерии и електролизьорът са основните ресурси за услуги за възстановяване на честотата поради способността им да реагират за време от секунди до минути. Ще бъде проучен и потенциалът за гъвкавост на интелигентните зарядни устройства за електрически превозни средства и електрокари. Промишлените товари с топлинна инерция (отопление, охлаждане) и производствените линии с буферен капацитет се разглеждат като ресурси за по-бавни услуги за резерв за заместване.

Таблица 15: Пилотен обект № 1 - UC-IT-02 – основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Смесен промишлен клъстер: приоритет на бързодействащите съоръжения – системи за съхранение на енергия в батерии, електролизьор, интелигентни зарядни устройства за електрически превозни средства и електрокари; второстепенна роля на топлинните и производствените товари.
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Зареждане и разреждане на системите за съхранение на енергия в батерии / регулиране на мощността на електролизьора / интелигентно зареждане на електрически превозни средства и електрокари / процеси на охлаждане и отопление / производствени линии.
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Системи за съхранение на енергия в батерии / електролизьор / интелигентни зарядни устройства (основни); охлаждане, отопление, производствени линии (второстепенни).
Мащаб на гъвкавостта	Отделно съоръжение (агрегирано чрез платформата FLEXIA за подаване на обща оферта към оператора на преносната система).
Равнище на управление	Чрез системи за управление на енергията (системите на отделните съоръжения предават в почти реално време за изпълнение зададените стойности, получени от платформата FLEXIA).

Пазарна и системна среда - UC-IT-02

Приложимият пазарен механизъм е националният пазар на диспечерски услуги в Италия (MSD), включително схемата за допуснати до участие смесени виртуални единици (UVAM). Тази схема позволява на агрегирани разпределени ресурси да участват като виртуални единици в предоставянето на спомагателни услуги по заявка на оператора на преносната система Terna. Разглежданият сценарий е на етап симулация с цел оценка на потенциала за бъдещо участие, тъй като CEDIS все още няма статут на доставчик на услуги по балансиране. Сценарият предвижда участниците да реализират приходи от плащанията на оператора на преносната система за предоставените услуги в подкрепа на мрежата.

ТАБЛИЦА 16: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 - UC-IT-02 – ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА ПАЗАРНАТА И СИСТЕМНАТА СРЕДА НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Балансиране / Спомагателни услуги (на равнище национален оператор на преносна система).
Целеви пазар	Пазар на диспечерски услуги (MSD) / Смесени виртуални единици, допуснати до участие (UVAM) (национален балансиращ пазар, оператор на преносна система).
Категория на задействащото събитие	Заявка за спомагателни услуги от националната електроенергийна мрежа (сигнал за активиране от оператора на преносната система).
Степен на зрялост	На етап симулация (CEDIS все още няма статут на доставчик на услуги по балансиране; симулацията валидира потенциала и предоставя основа за бъдещо участие).
Основен фактор за създаване на стойност	Приходи / Подпомагане на работата на мрежата.
Източник на приходи / ползи	Плащания от оператора на преносната система за услуги в подкрепа на мрежата (симулирани възнаграждения по пазара на диспечерски услуги и схемата за смесени виртуални единици, допуснати до участие, за CEDIS и участващите промишлени обекти).

Участници в сценария на използване - UC-IT-02

Промишлени обекти (Innova, Polytec и Poncial): Предоставят на платформата FLEXIA гъвкави товари и съоръжения с бърза реакция (батерийни системи за съхранение на енергия, електролизьор и интелигентни зарядни устройства) за целите на балансирането на национално равнище.

CEDIS (доставчик на услуги по балансиране / доставчик на агрегирани услуги, в рамките на симулацията): Управлява платформата FLEXIA в качеството си на доставчик на услуги по балансиране, агрегира портфейла от ресурси за гъвкавост, подава оферти на националния пазар (в рамките на симулацията) и управлява командите за активиране.

Terna / Оператор на енергийните пазари в Италия (GME): Terna (национален оператор на преносната система) закупува предлаганата гъвкавост за целите на диспечирането чрез платформата на оператора на енергийните пазари в Италия.

Изпълнение на сценария на използване - UC-IT-02

UC-IT-02 се задейства при получаване на заявка за спомагателни услуги за националната електроенергийна мрежа, подадена чрез сигнал за активиране от оператора на преносната система. Платформата FLEXIA обработва заявката въз основа на графиците на промишлените обекти и експлоатационните им данни, постъпващи почти в реално време, прогнозните и измерените данни за производството на електроенергия, прогнозите за потоците на мощност в мрежата и за балансиращия пазар, както и историческите данни за активиранията от оператора на преносната система. Въз основа на тези данни платформата оптимизира използването на наличните бързодействащи ресурси за гъвкавост и определя най-подходящата комбинация от действия. Тя изпраща зададените стойности за активиране към съответните системи за управление на енергията, а CEDIS потвърждава диспечирането в качеството си на доставчик на балансиращи услуги в рамките на симулацията. Предвидените действия за осигуряване на гъвкавост включват намаляване на товара, зареждане или разреждане на батерийните системи за съхранение на енергия, регулиране на мощността на електролизьора и ограничаване на зарядната мощност на интелигентните зарядни устройства. По този начин избраните ресурси се активират в отговор на заявката на оператора на преносната система и осигуряват необходимата гъвкавост при симулираното диспечиране на националната електроенергийна мрежа.

Таблица 17: Пилотен обект № 1 - UC-IT-02 – изпълнение на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Заявка за спомагателни услуги от националната електроенергийна мрежа (сигнал за активиране от оператора на преносната система).
Входни данни / променливи	Графици на промишлените обекти и данни в почти реално време; прогнози и данни за производството на електроенергия в почти реално време; прогнози за потока на мощност в мрежата; прогнози за балансиращия пазар и исторически данни за активиранията от оператора на преносната система.
Логика за вземане на решения	Платформата FLEXIA оптимизира използването на разполагаемите бързодействащи ресурси и подава зададените стойности за активиране към отделните системи за управление на енергията. В рамките на симулацията CEDIS потвърждава диспечирането в качеството си на доставчик на услуги по балансиране.

Очаквано действие	Намаляване на товара / разреждане или зареждане на системите за съхранение на енергия в батерии / регулиране на мощността на електролизьора / ограничаване на зарядната мощност на интелигентните зарядни устройства.
Очакван резултат	Активирана гъвкавост, предоставена за симулираното диспечиране на националната електроенергийна мрежа.

Системи, данни и ограничения - UC-IT-02

Използвани системи: Платформа FLEXIA; системи за управление на енергията на отделните съоръжения; системи за диспечерско управление и събиране на данни; инструменти за прогнозиране; интерфейс към пазара на оператора на енергийните пазари в Италия (за симулирано участие в пазара на диспечерски услуги); исторически данни за диспечирането от оператора на преносната система за възпроизвеждане на сигнали.

Използвана информация: Данни в почти реално време за потреблението на съоръженията и степента на зареждане; прогнози за производството на електроенергия; прогнози за цените и обемите на балансиращия пазар; диспечерски сигнали от оператора на преносната система (симулирани).

Технически и експлоатационни ограничения: Ограничения относно циклите на зареждане и разреждане и нивото на заряд на батерийните системи за съхранение на енергия; минимално устойчиво натоварване на електролизьора и допустими скорости на изменение на мощността му; изисквания за непрекъснатост на производствените процеси при промишлените товари; ограничения относно допустимото закъснение при бърз отклик; минимален праг за подаване на оферти за участие на пазара на диспечерски услуги.

Пазарни и регулаторни ограничения: Към момента CEDIS не е преминал процедура по предварителна квалификация като доставчик на балансиращи услуги при оператора на преносната система, поради което участието му се симулира. Двустранните договори с промишлените потребители уреждат задълженията за предоставяне на гъвкавост и дължимите възнаграждения.

Основен сценарий на използване - UC-IT-02

Задействане: Платформата FLEXIA получава от оператора на преносната система симулиран сигнал за активиране, съдържащ заявка виртуалната единица на CEDIS да извърши регулиране нагоре или надолу.

Оценка: Платформата оценява почти в реално време състоянието на всички бързодействащи съоръжения (степента на зареждане на батерийните системи за съхранение на енергия, натоварването на електролизьора и наличността на интелигентните зарядни устройства) и определя общия обем на гъвкавостта, който може да бъде активиран.

Решение: Оптимизаторът определя най-подходящата комбинация от съоръжения за изпълнение на заявката в рамките на допустимите отклонения, като дава приоритет на батерийните системи за съхранение на енергия и електролизьора за осигуряване на бърз отклик, а на товарите с по-бавна реакция за осигуряване на резерв за заместване.

Активиране: Платформата подава команди за задаване на стойности към системите за енергийно управление на отделните съоръжения. Съоръженията реагират в рамките на изискуемите срокове (5–15 минути за ресурсите с бърза реакция; 30–60 минути за товарите с по-бавна реакция).

Наблюдение и резултат: Платформата регистрира в дневник реакцията при активиране и я съпоставя със заявения обем и допустимите отклонения. Симулираните приходи от пазара на диспечерски услуги се изчисляват в съответствие с приложимите пазарни правила. Недостигът и случаите на частично изпълнение се документират за целите на анализа.

3.2.1.3 UC-IT-03 – Организиране на местен пазар на гъвкавост за управление на мрежата на оператора на разпределителна система

Описание на сценария на използване - UC-IT-03

UC-IT-03 има за цел да симулира функционирането на местен пазар на гъвкавост (LFM) в разпределителната мрежа на CEDIS, като платформата FLEXIA служи за технологична основа на оперативното му управление. Този сценарий на използване съответства на бързо развиващата се регулаторна рамка в Италия относно гъвкавостта на равнището на разпределителните системи, по-специално на Решение 352/2021 г. на Италианския регулаторен орган за енергетиката, мрежите и околната среда, както и на действащите пилотни проекти за местни пазари на гъвкавост (EDGE, MiNDFlex, RomeFlex). В рамките на тези проекти се изпитват пазарни механизми за управление на претоварването и за намаляване на принудителното ограничаване на производството на електроенергия от възобновяеми източници на равнището на разпределителната мрежа. Специфичните характеристики на CEDIS, а именно малка затворена разпределителна мрежа със значително фотоволтаично производство, разширяваща се инфраструктура за съхранение на енергия и електролиза и няколко промишлени потребители, я правят особено подходяща за изпитване на модела на местен пазар на гъвкавост. Основните оперативни цели са максимално увеличаване на собственото потребление в мрежата на CEDIS чрез намаляване както на количествата електроенергия, получавани от националната мрежа, така и на количествата, отдавани към нея в точката на присъединяване; преодоляване на случаите на принудително ограничаване на фотоволтаичното производство поради ограничения в местната мрежа; и оптимизиране на икономическите условия по сделките на CEDIS на пазара на едро. Очакваните резултати от UC-IT-3 включват валидиране на симулираното функциониране на местен пазар на гъвкавост в дейността на малък оператор на разпределителна система и количествена оценка на въздействието му върху собственото потребление, намаляването на принудителното ограничаване на производството, облекчаването на претоварването на мрежата и оптимизирането на разходите на пазара на едро на електроенергия.

Таблица 18: Пилотен обект № 1 - UC-IT-03 – основни общи параметри на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-IT-03 – Организиране на местен пазар на гъвкавост за управление на мрежата на оператора на разпределителна система

Кратко описание	Симулиране на местен пазар за гъвкавост в мрежата на CEDIS чрез платформата FLEXIA с цел максимизиране на собственото потребление, преодоляване на ограниченията върху производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници, намаляване на локалните претоварвания в мрежата и оптимизиране на сделките на пазара на едро.
Цел / предназначение	Симулация на местен пазар на гъвкавост за управление на потреблението с цел максимизиране на собственото потребление в мрежата на CEDIS, преодоляване на проблемите, свързани с ограничаването на производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници и съпътстващото го претоварване на мрежата, както и оптимизиране на сделките на пазара на едро, като CEDIS изпълнява едновременно функциите на оператор на разпределителна система и пазарен оператор.
Разглеждано системно равнище	Експлоатация на разпределителната мрежа / платформа за агрегиране / местен пазар.
Очакван резултат	Валидирана симулация на функционирането на местен пазар за гъвкавост в дейността на малък оператор на разпределителна система; количествена оценка на въздействието върху собственото потребление, степента на ограничаване на производството, претоварването на мрежата и оптимизирането на разходите на пазара на едро.

Промишлена среда - UC-IT-03

Използва се същото оборудване като при UC-IT-01 и UC-IT-02, като всички видове съоръжения са приложими към настоящия сценарий на използване. Взаимното допълване между гъвкавостта за увеличаване на товара (усвояване на излишъка от фотоволтаично производство и намаляване на количеството електроенергия, подавано към мрежата) и гъвкавостта за намаляване на товара (намаляване на количеството електроенергия, получавано от мрежата при високи цени на пазара на едро или когато това се налага поради местни ограничения) е съществен елемент от структурата на местния пазар.

Таблица 19: Пилотен обект № 1 - UC-IT-03 – основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Смесен промишлен клъстер: съвкупността от всички съоръжения в района на CEDIS, включително производствени предприятия, батерийни системи за съхранение на енергия, електролизьор и интелигентни зарядни устройства.
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Охлаждане / отопление / производствени линии / зареждане и разреждане на системите за съхранение на енергия в батерии / електролизьор / интелигентно зареждане на електрически превозни средства и електрокари / пещи.
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Всички посочени по-горе процеси са от значение, като са приложими както гъвкавостта за регулиране нагоре (увеличаване на товара / зареждане на системите за съхранение / повишаване на мощността на електролизьора), така и гъвкавостта за регулиране надолу (намаляване на товара / разреждане на системите за съхранение).
Мащаб на гъвкавостта	Отделно съоръжение (агрегирано чрез платформата FLEXIA за диспечиране в рамките на местния пазар).
Равнище на управление	Чрез системи за управление на енергията (системите на отделните съоръжения получават зададени стойности от платформата FLEXIA при активиране от CEDIS).

Пазарна и системна среда - - UC-IT-03

Местният пазар на гъвкавост, симулиран в UC-IT-03, е организиран съобразно рамката за местните пазари на гъвкавост в Италия, основана на Решение 352/2021 г. на Италианския регулаторен орган за енергетиката, мрежите и околната среда и на действащите пилотни проекти. CEDIS изпълнява едновременно функциите на оператор на разпределителна система, като определя потребностите на мрежата и на оператор на местния пазар, като приема оферти за гъвкавост от промишлени доставчици на услуги по балансиране и активира предложената гъвкавост по реда на ценовото класиране на офертите. Пазарният механизъм обхваща предварително изготвяне на графици за следващия ден и активиране в почти реално време въз основа на сигнали от мрежата или на условията на пазара на едро. Сценарият на използване отчита и двата вида потребности от гъвкавост в мрежата на CEDIS: гъвкавост за регулиране нагоре, изразяваща се в намаляване на потреблението или разреждане на системите за съхранение, е необходима при високи цени на пазара на едро или ограничения при подаването на електроенергия към мрежата на CEDIS, докато гъвкавост за регулиране надолу, изразяваща се в увеличаване на потреблението, зареждане на системите за съхранение или повишаване на мощността на електролизьора, е необходима при излишък от местно фотоволтаично производство, за да се избегнат ограничаването на това производство и свързаното с излишъка претоварване на мрежата. Икономическите ползи, предвидени в UC-IT-03, включват намаляване на разходите на CEDIS за закупуване на електроенергия на пазара на едро и максимизиране на собственото потребление, плащания за услуги в подкрепа на мрежата под формата на симулирани възнаграждения на местния пазар на гъвкавост, както и произтичащите от тях приходи и икономии за промишлените потребители.

Таблица 20: Пилотен обект № 1 - UC-IT-03 – основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Вътрешни механизми (двустранни договори между CEDIS и промишлените предприятия) / Управление на претоварването (местен пазар на гъвкавост в мрежата на CEDIS).
Целеви пазар	Местен пазар на гъвкавост (MLF, симулиран) / Пазар „Ден напред“ (за оптимизиране на търговията на едро).
Категория на задействащото събитие	Сигнал за мрежово ограничение (ограничаване на фотоволтаичното производство, местно претоварване на мрежата) / ценови сигнал от пазара на едро (високи разходи за електроенергията, получавана от мрежата, или излишък за отдаване към мрежата).
Степен на зрялост	На етап симулация (в съответствие с формиращата се регулаторна рамка за местните пазари на гъвкавост в Италия; CEDIS все още не управлява официално организиран местен пазар на гъвкавост).
Основен фактор за създаване на стойност	Икономии / Приходи / Подпомагане на работата на мрежата / Максимизиране на собственото потребление.
Източник на приходи / ползи	Намаляване на разходите на CEDIS на пазара на едро / Плащания за услуги в подкрепа на мрежата (симулирани възнаграждения на местния пазар на гъвкавост) / Приходи и икономии за промишлените потребители.

Участници в сценария на използване - UC-IT-03

Промишлени обекти (Innova, Polytec и Poncial): Предлагат на CEDIS услуги за гъвкавост (за регулиране нагоре и надолу) чрез платформата FLEXIA по силата на двустранни договори и в рамките на симулирано участие на местния пазар на гъвкавост. Всеки обект подава оферти за разполагаемост и за активиране съобразно експлоатационните си ограничения и структурата на разходите си.

CEDIS (оператор на разпределителна система и доставчик на услуги по балансиране): Установява ограниченията на мрежата и пазарните потребности, приема оферти за гъвкавост чрез платформата FLEXIA, избира ресурсите съобразно класирането на офертите по цена и при необходимост активира гъвкавостта. Поради затворената структура на мрежата си и преките отношения с присъединените към нея промишлени потребители CEDIS е в уникална позиция да изпълнява едновременно функциите на оператор на разпределителна система и доставчик на услуги по балансиране.

Оператор на енергийните пазари в Италия (GME) / Piclo (интерфейси към пазарните платформи): Осигуряват пазарната инфраструктура за подаване на оферти и уреждане на сделките на симулирания местен пазар на гъвкавост. При реално функциониране на пазара в бъдеще операторът на енергийните пазари в Италия би могъл да организира търговете на местния пазар на гъвкавост съгласно рамката, установена с Решение 372/2023 г. на Италианския регулаторен орган за енергетиката, мрежите и околната среда. Като алтернатива Piclo Flex би могла да действа като посредническа платформа.

Изпълнение на сценария на използване - UC-IT-03

UC-IT-03 се инициира от заявка за услуга за гъвкавост от CEDIS, задействана или от ограничаване на възобновяемата енергия, изискващо гъвкавост надолу чрез увеличено натоварване, или от високи цени на вноса на едро на пазара или претоварване на локалната мрежа, изискващо гъвкавост нагоре чрез намаляване на натоварването. Платформата FLEXIA комбинира графиците на индустриалните обекти и оперативните данни в почти реално време с прогнози и измервания за фотоволтаици и производство, прогнози за потока в мрежата и измервания в почти реално време на границата на CEDIS, както и прогнози за пазарните цени за следващия ден. Въз основа на тези входни данни платформата оптимизира наличните ресурси за гъвкавост според условията на мрежата и пазара и ги избира по ред на стойност въз основа на възходяща цена на активиране. След това CEDIS потвърждава и задейства активирането, като FLEXIA изпраща съответните зададени стойности към избраните активи. Очакваните действия включват пренасочване на натоварването, увеличаване на натоварването за абсорбиране на иначе ограничено производство на възобновяема енергия, намаляване на натоварването за справяне със събития, свързани с претоварване или високи цени, зареждане или разреждане на BESS и препланиране на процесите. Получената гъвкавост се предоставя на CEDIS за увеличаване на собственото потребление в рамките на мрежата, смекчаване на ограничаването на възобновяемата енергия и свързаното с него претоварване, както и оптимизиране на обмена с пазара на едро на електроенергия.

ТАБЛИЦА 21: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 1 - UC-IT-03 – ОСНОВНА ИНФОРМАЦИЯ ЗА КОНКРЕТНИЯ СЦЕНАРИЙ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Заявка за услуга за гъвкавост от CEDIS поради: (a) ограничаване на производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници (необходима е гъвкавост за регулиране надолу – увеличаване на товара); или (b) високи цени на получаваната от мрежата електроенергия на пазара на едро или местно претоварване на мрежата (необходима е гъвкавост за регулиране нагоре – намаляване на товара).
Входни данни / променливи	Графици за работа на промишлените обекти и данни за тях в почти реално време; прогнози и данни в почти реално време за производството на електроенергия от фотоволтаични и други източници; прогнози за потоците на мощност в електрическата мрежа и измервания в почти реално време на границата на мрежата на CEDIS; прогноза за цените на пазара „Ден напред“.
Логика за вземане на решения	Платформата FLEXIA извършва оптимизация съобразно мрежовите и пазарните условия и подбира ресурсите по реда на офертните цени (във възходящ ред на разходите за активиране). CEDIS потвърждава активирането и го задейства.
Очаквано действие	Изместване на товара във времето; увеличаване на товара с цел оползотворяване на електроенергия, чието производство в противен случай би било ограничено; намаляване на товара при претоварване или в периоди на високи цени; зареждане или разреждане на батерийните системи за съхранение на енергия; промяна на графиците за изпълнение на процесите.
Очакван резултат	Гъвкавост, активирана и предоставена на CEDIS с цел максимизиране на собственото потребление в мрежата му, преодоляване на проблемите, свързани с ограничаването на производството на електроенергия от възобновяеми източници и съпътстващите го претоварвания на мрежата, както и оптимизиране на сделките на пазара на едро.

Системи, данни и ограничения

Използвани системи: Платформата FLEXIA; системи за управление на енергията в отделните съоръжения; системата за диспечерско управление и събиране на данни на CEDIS; инструменти за прогнозиране на производството на електроенергия от фотоволтаични инсталации, електрическия товар и пазарните цени; интерфейс към оператора на енергийните пазари в Италия (GME) / Piclo (за симулиране на функционирането на местния пазар на гъвкавост); интерфейси към пазарните платформи.

Използвана информация: Данни в реално време и прогнози за потреблението на отделните съоръжения; прогнози за производството на електроенергия от фотоволтаични инсталации и данни за произведената електроенергия в почти реално време; измервания на потока на мощност в точката на междусистемно свързване на CEDIS; цени на пазара на едро (пазар „Ден напред“); предложения за предоставяне на гъвкавост от промишлените обекти (мощност, цена и разполагаемост).

Технически и експлоатационни ограничения: Ограничения за капацитета на отделните съоръжения; ограничения за степента на зареденост и циклите на зареждане и разреждане на батерийните системи за съхранение на енергия; минимално натоварване на електролизьора и ограничения за скоростта на изменение на мощността му; допустими температурни граници на процесите при топлинните товари; максимална продължителност на поддържане на зададена стойност; изисквания за киберсигурност при дистанционно активиране.

Пазарни и регулаторни ограничения: Двустранни договори между CEDIS и промишлените потребители, уреждащи задълженията за предоставяне на гъвкавост, възнагражденията и

неустойките; условията на пазара на едро, приложими за CEDIS (различни цени при недостиг и излишък на италианския пазар, управляван от оператора на енергийните пазари в Италия); липса на официално установен механизъм за местен пазар на гъвкавост, приложим за CEDIS (необходима е симулация).

Основен сценарий на използване

Задействане: CEDIS установява, че предстои период на свръхпроизводство на електроенергия от фотоволтаични инсталации, през който излишъкът от местното производство вероятно ще надхвърли допустимите граници за подаване на електроенергия в мрежата, или период на високи цени на пазара на едро, който създава възможност за оптимизиране на разходите за електроенергия, получавана от мрежата. Платформата FLEXIA се уведомява и започва цикъла по изготвяне на графици.

Оценка: Платформата събира в почти реално време данни за всички съоръжения и за потоците на границата на мрежата, както и съответните прогнози и оценява разполагаемата в рамките на портфейла гъвкавост за регулиране в посока нагоре или надолу.

Решение: Платформата избира ресурсите по реда на ценовото класиране на офертите, като съпоставя офертите за гъвкавост от промишлените обекти с конкретните потребности на мрежата по отношение на посока, обем и време на предоставяне. CEDIS потвърждава плана за активиране.

Активиране: CEDIS подава сигнал за активиране. Платформата FLEXIA изпраща към системите за енергийно управление на отделните съоръжения команди за задаване на стойности. Съоръженията реагират, като увеличават или намаляват натоварването си в рамките на експлоатационните си ограничения.

Наблюдение и резултат: Платформата проследява реакцията на всяко съоръжение при предоставяне на гъвкавост и проверява съответствието на изпълнението със заявената посока и заявения обем. Резултатите се вписват в дневник за целите на сетълмента по двустранните договори и отчитането на ключовите показатели за ефективност. При остатъчен недостиг се предприемат компенсиращи действия чрез използване на други налични ресурси.

3.2.2 Пилотен обект № 2: Австрийски пилотен обект

Общ преглед на сценариите на използване за пилотния обект

Австрийският пилотен обект изследва възможностите за по-ефективно използване на гъвкавостта в потреблението на електроенергия на два промишлени обекта в югоизточната част на Щирия при различни условия на енергийните пазари и в енергийната система. В пилотния обект участват Gsellmann Mischfuttererzeugung, предприятие за производство на фуражи, чиито процеси на смилане и производство изискват значително количество електроенергия и Fleischhof Raabtal, предприятие за преработка на месо, чието потребление на електроенергия се обуславя в значителна степен от необходимостта от непрекъснато охлаждане и съхранение в хладилни условия.

В австрийския пилотен обект общо три сценария за използване обхващат взаимно допълващи се аспекти на енергийната гъвкавост в промишлеността. Първият сценарий за използване, UC-

AT-01, е насочен към гъвкаво съобразяване на промишленото потребление на електроенергия с динамични цени, формирани въз основа на цените на пазара „Ден напред". В рамките на този сценарий се разглежда възможността установената гъвкавост на промишлените процеси, в съчетание с производството на електроенергия от фотоволтаични инсталации на обекта и наличните ресурси за съхранение на енергия, да се използва за пренасочване на потреблението на електроенергия към по-благоприятни периоди.

Вторият сценарий за използване, UC-AT-02, разглежда възможността за създаване на бъдещ пазар на гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа в Австрия. Тъй като понастоящем такъв пазар не съществува, сценарият оценява потенциалния принос на промишлената енергийна гъвкавост за намаляване на претоварванията в разпределителната мрежа и за подобряване на интегрирането на производството от възобновяеми източници в рамките на евентуален бъдещ пазар на равнището на оператора на разпределителната система.

Третият сценарий на използване, UC-AT-03, надгражда този подход, като разглежда възможностите за координиране на промишлената енергийна гъвкавост между евентуалния бъдещ механизъм на равнището на оператора на разпределителната система, разглеждан в UC-AT-02 и съществуващите механизми за гъвкавост на равнището на оператора на преносната система.

Подходът към трите сценария за използване е различен. UC-AT-01 се отнася до анализа на възможностите за енергийна гъвкавост в промишлеността в отговор на динамичните цени на пазара „Ден напред". UC-AT-02 и UC-AT-03 са насочени предимно към проучване и анализ, тъй като понастоящем в Австрия не съществува пазар за гъвкавост на равнището на оператор на разпределителна система и не се предвижда отделните пилотни обекти да участват пряко в пазарите за гъвкавост на операторите на преносни системи. Поради това тези сценарии обхващат проучване на съответните пазарни и регулаторни условия, обмен на знания с партньорите по проекта LEONARDO, определяне и оценка на представителни сценарии и събиране на обратна връзка от участниците в екосистемата на австрийския пилотен обект. Очакваните резултати са оценени концепции и практически препоръки, а не действително активиране на гъвкавост на пазарите на операторите на разпределителни или преносни системи.

Таблица 22: Пилотен обект № 2: общ преглед на сценариите за използване

Идентификатор на сценария на използване	Наименование на сценария на използване	Основна насоченост
UC-AT-01	Проучване на различни стратегии за участие на енергийните пазари в Австрия	Проучване на гъвкавото адаптиране на промишленото потребление на електроенергия към динамични цени, определяни въз основа на цените на пазара „Ден напред", при отчитане на разполагаемата гъвкавост на процесите, фотоволтаичното производство на площадката и ресурсите за съхранение.

UC-AT-02	Структура на пазар на гъвкавост на равнище разпределителна мрежа	Проучване на възможния принос на промишлената енергийна гъвкавост за облекчаване на претоварването в рамките на евентуален бъдещ пазар на гъвкавост на равнище разпределителна мрежа в Австрия.
UC-AT-03	Координация на гъвкавостта между различни равнища	Оценка на възможностите за координиране на промишлената енергийна гъвкавост между евентуален бъдещ механизъм на равнището на оператор на разпределителна система и съществуващите механизми на равнището на оператор на преносна система.

3.2.2.1 UC-AT-01 – Проучване на различни стратегии за участие на енергийните пазари в Австрия

Описание на сценария на използване - UC-AT-01

UC-AT-01 изследва възможностите за по-икономично използване на наличната гъвкавост на двата промишлени обекта в Австрия съобразно динамичните цени на електроенергията, формирани въз основа на цените на пазара „Ден напред". Особено внимание се отделя на съгласуването на гъвкавото потребление на електроенергия от промишлените обекти с ценовите сигнали на пазара „Ден напред", производството на електроенергия от фотоволтаични инсталации на площадките и наличните възможности за съхранение на енергия или за осигуряване на гъвкавост със сходен ефект.

При Gsellmann оценката е насочена към съобразяване на графика за смилане на зърно и на останалите производствени натоварвания, които могат да бъдат изместени във времето, с пазарните цени, наличието на фотоволтаично производство и бъдещия режим на работа на батерийната система за съхранение на енергия. При Fleischhof Raabtal основният потенциал е свързан с адаптиране на режима на охлаждане при спазване на приложимите температурни и хигиенни ограничения и на изискванията за поддържане на хладилната верига, например чрез предварително охлаждане през периоди с благоприятни цени или благоприятни условия за фотоволтаично производство.

Предвиденият начин на използване не изисква автоматизирано подаване на оферти на пазара или пряко дистанционно управление на промишленото оборудване. Очакваният резултат е основана на доказателства съпоставка на осъществими стратегии за експлоатация и изготвяне на съответни препоръки за промишлените обекти.

Таблица 23Пилотен обект № 2 - UC-AT-01: основни общи параметри на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-AT-01 – Проучване на различни стратегии за участие на енергийните пазари в Австрия
Кратко описание	Оценка на гъвкавостта на промишленото потребление на електроенергия в отговор на динамични цени, определяни въз основа на цените на пазара „Ден напред", при отчитане на разполагаемата гъвкавост на промишлените потребители.

Цел / предназначение	Анализ на възможностите за оптимизиране на наличната гъвкавост на промишлените обекти съобразно ценовите сигнали на пазара „Ден напред“, с особен акцент върху ефективното използване на произведената на площадката фотоволтаична електроенергия и наличните ресурси за съхранение на енергия.
Разглеждано системно равнище	Промишлен процес / пазар
Очакван резултат	Определяне на подходящи стратегии за работа въз основа на действителните характеристики на гъвкавост на съответните процеси, включително количествена оценка на потенциала за намаляване на разходите за електроенергия, увеличаване на собственото потребление на електроенергия, произведена от фотоволтаични източници и по-ефективно използване на наличните ресурси за съхранение и възможностите за гъвкавост със сходен ефект.

Промишлена среда - UC-AT-01

Сценарият на използване обхваща два промишлени сектора, свързани с хранителната промишленост, с различни характеристики на гъвкавостта.

Gsellmann експлоатира предприятие за производство на фуражи с високо потребление на електроенергия. Смилането и стриването са свързани със значителни електрически товари, като допълнителни възможности за гъвкаво управление на потреблението може да има и при свързаните процеси по производство и транспортиране на материали. Прилаганият механизъм за управление на електрическите товари вече определя приоритети за отделни товари или временно ограничава потреблението им с цел спазване на договорената мощност на присъединяване към мрежата. При съблюдаване на технологичните ограничения мелниците могат да преминават между работа под товар, работа на празен ход и изключено състояние. Възможностите за гъвкаво управление обаче обикновено са ограничени до кратки периоди, тъй като изпълнението на производствените поръчки, удовлетворяването на клиентското търсене и непрекъснатостта на производствените процеси остават основни експлоатационни приоритети.

В Fleischhof Raabtal непрекъснатото охлаждане и съхранение в хладилни условия са необходими за поддържане на качеството на продуктите, хигиената и безопасността на храните. Поради това гъвкавост е допустима единствено в рамките на установените температурни диапазони и възможностите, произтичащи от топлинната инерция на охлажданите помещения. Възможните подходи включват предварително охлаждане преди периоди на високи цени на електроенергията или намаляване на потреблението на електроенергия за охлаждане през кратки неблагоприятни периоди, при условие че се спазват установените температурни граници.

ТАБЛИЦА 24: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 2 - UC-AT-01: ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА ПРОМИШЛЕНАТА СРЕДА НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Производство на фуражи – Gsellmann Mischfuttererzeugung; преработка на месо с непрекъснато хладилно охлаждане – Fleischhof Raabtal

Основни промишлени процеси от значение за сценария	Gsellmann: приемане, сушене и смилане на зърно, смесване, транспортиране на материали и експлоатация на силози. Fleischhof Raabtal: клане и преработка на месо, хладилно съхранение, непрекъснато хладилно охлаждане, вентилация и технологични линии
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Gsellmann: смилане и мелене. Fleischhof Raabtal: хладилни компресори, предварително охлаждане и хладилно съхранение
Мащаб на гъвкавостта	Отделно съоръжение / промишлен обект
Равнище на управление	Съществуващи системи за управление на равнище съоръжение и обект, подпомагани от функции за управление на енергията и товара

Пазарна и системна среда - UC-AT-01

UC-AT-01 се отнася до гъвкавото адаптиране на промишленото потребление на електроенергия спрямо динамични цени, формирани въз основа на цените на пазара „Ден напред". Основният външен фактор, който обуславя това адаптиране, е изменението на цените на електроенергията за следващия ден. Прогнозите за производство на електроенергия от фотоволтаични инсталации, производствените графици, технологичните условия и наличността на ресурсите за съхранение определят дали и в каква степен могат да бъдат използвани установените възможности, произтичащи от ценовите условия.

Сценарият на приложение оценява възможността за преместване на гъвкавите електрически товари от периоди с по-високи цени към периоди с по-ниски цени или с по-голяма разполагаемост на произведена на площадката фотоволтаична електроенергия. При Gsellmann батерийната система за съхранение на енергия ще осигури допълнителна възможност за преместване на потреблението на електроенергия във времето след въвеждането ѝ в експлоатация и при наличие на необходимите експлоатационни данни. При Fleischhof Raabtal охлаждането и съхранението в хладилни помещения могат да осигурят гъвкавост с ефект, сходен с този на съхранението на енергия, посредством топлинната инерция на охлажданите пространства при спазване на определените температурни граници.

Таблица 25: Пилотен обект № 2 - UC-AT-01: основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Пазар на едро / вътрешна енергийна оптимизация
Целеви пазар	Пазар „Ден напред"
Категория на задействащото събитие	Цена / прогноза / график
Степен на зрялост	Съществуващ / симулиран
Основен фактор за създаване на стойност	Икономии / придобиване на знания и опит
Източник на приходи / ползи	Намаляване на разходите / по-добро оползотворяване на фотоволтаичната електроенергия за собствено потребление / по-ефективно използване на гъвкавостта, осигурявана чрез съхранение на енергия

Участници в сценария на използване - UC-AT-01

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Предоставя информация за производството и потреблението на електроенергия, производството на електроенергия от фотоволтаични източници, съхранението на енергия и свързаните с тях процеси, както и оценява дали предложените промени в режима на работа са съвместими с производствените изисквания.

Fleischhof Raabtal: Предоставя информация относно електроенергията, хладилното охлаждане, температурите, производството на електроенергия от фотоволтаични източници и технологичните процеси, определя ограниченията, свързани с поддържането на хладилната верига, хигиената и производството и оценява приложимостта на предварителното охлаждане или на други промени в режима на хладилно охлаждане при експлоатацията на обекта.

EVON: Предоставя необходимите енергийни и технологични данни от пилотните промишлени обекти и осигурява достъп до съответната информация за целите на анализа. Тъй като системите на evon са инсталирани в промишлените обекти, дружеството предоставя и сведения за действащата логика за управление на съоръженията и товара.

LEONARDO / платформа за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP): Анализира наличната енергийна гъвкавост в промишлеността и оценява алтернативни режими на работа, като отчита ценовите сигнали на пазара „Ден напред", производството на електроенергия от фотоволтаични източници, възможностите за съхранение на енергия и технологичните ограничения. Въз основа на оценката се установяват възможности за оптимизация и се изготвят препоръки.

Европейският център за възобновяема енергия в Гюсинг и партньорите от екосистемата на австрийския пилотен обект: Координират изпълнението на сценария на използване, тълкуват и обсъждат резултатите от анализа, събират обратна връзка от промишлените обекти и въз основа на констатациите формулират практически препоръки.

Изпълнение на сценария на използване: UC-AT-01

Разглежданият сценарий има за цел да оцени възможностите за използване на наличната промишлена енергийна гъвкавост в зависимост от цените на електроенергията на пазара „Ден напред". Информацията за цените, енергийните параметри и технологичните характеристики ще послужи като основа за сравняване на възможните стратегии за работа с референтния режим на работа.

При оценката ще бъдат взети предвид техническите и експлоатационните ограничения. Очаква се резултатите да установят осъществими възможности за оптимизация и да послужат за изготвяне на препоръки за промишлените обекти. Получената от обектите обратна връзка ще бъде използвана за последващо прецизиране на препоръките.

Таблица 26: Пилотен обект № 2 - UC-AT-01: изпълнение на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Ценови сигнали за електроенергията на пазара „Ден напред" и съответните изменения на цените

Входни данни / променливи	Исторически данни за потреблението на електроенергия, данни за фотоволтаичното производство, информация за съхранението на енергия, технологични данни и определени технически и експлоатационни ограничения
Логика за вземане на решения	Оценка на това кои гъвкави съоръжения биха могли да реагират на ценовите сигнали на пазара „Ден напред“ в рамките на определените им експлоатационни ограничения
Очаквано действие	Установяване на възможности за изместване на товара във времето и определяне на подходящи гъвкави съоръжения
Очакван резултат	Препоръки за това как установените гъвкави съоръжения биха могли да намалят разходите за електроенергия и да подобрят използването на фотоволтаичното производство на площадката и разполагаемата гъвкавост

Системи, данни и ограничения - UC-AT-01

Използвани системи: Интерфейси за данни на evon, компоненти на проекта LEONARDO / платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) и източници на данни за пазара „Ден напред“.

Използвана информация: Исторически и редовно актуализирани данни за товара и процесите, информация за фотоволтаичното производство и съхранението на енергия, цени на пазара „Ден напред“ и определени граници на гъвкавостта.

Технически и експлоатационни ограничения: Производствени графици и приоритети при управлението на товара в Gsellmann; изисквания за температурата, хладилната верига, хигиената и преработката във Fleischhof Raabtal.

Пазарни и регулаторни ограничения: Икономическата полза зависи от условията за снабдяване с електроенергия и от обвързаността им с цените на пазара „Ден напред“.

Основен сценарий на използване - UC-AT-01

Задействане: Цените на пазара „Ден напред“ очертават сравнително благоприятни или неблагоприятни ценови периоди през следващия ден.

Оценка: Данните за промишлените товари, производството на електроенергия от фотоволтаични източници, съхранението на енергия и процесите ще бъдат използвани за оценка кои съоръжения с възможност за гъвкаво управление биха могли да реагират на ценови сигнали при спазване на приложимите към тях технически и експлоатационни ограничения.

Решение: Възможните варианти на работа се съпоставят с референтния режим по отношение на разходите за електроенергия, собственото потребление на електроенергия от фотоволтаични източници, използването на ресурсите за съхранение и приложимостта на тези варианти в експлоатационни условия.

Активиране: Осъществимите варианти се представят под формата на препоръки към промишлените обекти.

Наблюдение и резултат: Извършва се количествена оценка на потенциалните последици за потреблението на електроенергия, разходите и собственото потребление на електроенергия, произведена от фотоволтаични инсталации. Обратната връзка от промишлените обекти се използва за прецизиране на допусканията и препоръките.

3.2.2.2 UC-AT-02 – Структура на пазар на гъвкавост на равнище разпределителна мрежа

Описание на сценария на използване - UC-AT-02

В рамките на UC-AT-02 ще бъде проучено как гъвкавостта на промишленото потребление на електроенергия би могла да допринесе за ограничаване на претоварването на разпределителната мрежа чрез бъдещ пазар за гъвкавост в Австрия. Ще бъдат разгледани предизвикателствата пред разпределителната мрежа, породени от нарастващите пикови стойности както на децентрализираното производство, така и на потреблението на електроенергия. По-доброто съгласуване на гъвкавото промишлено потребление с периодите на високо производство на електроенергия от възобновяеми източници би могло да допринесе за намаляване на пиковите мощности при потребление на електроенергия от мрежата и при подаването ѝ в мрежата, както и за по-ефективно използване на наличния мрежов капацитет.

Тъй като понастоящем в Австрия няма установен пазар за предоставяне на гъвкавост на равнището на оператор на разпределителна система, в рамките на сценария за приложение ще бъдат разгледани представителни бъдещи пазарни и мрежови сценарии. Те ще бъдат анализирани въз основа на данните за наличната гъвкавост в двата промишлени обекта, за да се оцени как евентуалните потребности на мрежата биха могли да бъдат формулирани като заявки за предоставяне на гъвкавост и как тези заявки биха могли да бъдат съпоставени с подходящи действия от страна на промишлените обекти.

Важна цел на сценария за използване е да повиши осведомеността на промишлените обекти относно нарастващото значение на гъвкавостта за нуждите на електроенергийната мрежа. Макар икономическите им приоритети понастоящем да са свързани предимно с цените на електроенергията, в рамките на сценария още на ранен етап ще бъдат обсъдени възможните бъдещи изисквания и пазарни механизми на равнището на оператора на разпределителната система. Това ще насърчи промишлените обекти да отчитат гъвкавостта за нуждите на мрежата при бъдещото вземане на решения относно управлението на енергията и инвестициите.

Оценката ще се основава на пазарните концепции, параметрите на сценариите и резултатите от анализите, разработени в рамките на LEONARDO. Обратната връзка от екосистемата на пилотния обект ще послужи за оценка на тяхната приложимост в австрийските условия. Очаква се да бъде предложен подход, който да описва как промишлената енергийна гъвкавост би могла да се заявява и използва в рамките на бъдещ механизъм за гъвкавост на равнището на оператор на разпределителна система, както и да бъдат формулирани препоръки за подпомагане на промишлените обекти при подготовката им на ранен етап.

Таблица 27Пилотен обект № 2 - UC-AT-02: основни общи параметри на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-AT-02 – Структура на пазар на гъвкавост на равнище разпределителна мрежа
Кратко описание	Проучване на възможностите за разработване на нова структура на пазара на гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа в рамките на австрийската екосистема с цел намаляване на претоварването на тази мрежа.
Цел / предназначение	Оценка на потенциала на промишлената енергийна гъвкавост за посрещане на представителни бъдещи потребности на равнището на оператор на разпределителна система и за намаляване на претоварването на разпределителната мрежа.
Разглеждано системно равнище	Промишлен процес / пазар на равнище оператор на разпределителна система
Очакван резултат	Предложен и оценен механизъм за гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система, който определя как местните потребности на мрежата могат да бъдат преобразувани в заявки за предоставяне на гъвкавост, как тези заявки могат да бъдат съпоставени с наличната енергийна гъвкавост в промишлеността и как могат да бъдат съобщени на участващите промишлени обекти.

Промишлена среда - UC-AT-02

В UC-AT-02 се разглеждат същите основни промишлени процеси с възможност за гъвкаво управление, установени в UC-AT-01. Потенциалното им приложение обаче се променя: вместо да се използват в отговор на цените на електроенергията, те биха могли да допринесат за изпълнението на евентуална бъдеща заявка за предоставяне на гъвкавост за нуждите на разпределителната мрежа.

При Gsellmann временното намаляване или изместването във времето на електрическите товари, свързани със смилането и съпътстващите го производствени процеси, би могло да допринесе за изпълнението на местна заявка за предоставяне на гъвкавост. Съществуващата вътрешна система за управление на товарите осигурява практически опит в това отношение, тъй като вече координира работата на оборудването с оглед спазване на договорената мощност на присъединяване към мрежата. Предоставянето на гъвкавост за външни нужди обаче следва да бъде съобразено с изпълнението на производствените задължения и поръчките на клиентите.

При Fleischhof Raabtal хладилното охлаждане и хладилното съхранение могат да осигуряват ограничен потенциал за изместване на товара във времето чрез използване на топлинната инерция и предварително охлаждане. Всеки отклик на евентуална бъдеща заявка от пазар на равнище оператор на разпределителна система би трябвало да се осъществява в рамките на определените температурни диапазони и без да се застрашава хладилната верига. Поради това продължителността и обемът на разполагаемата гъвкавост биха зависели от действителните експлоатационни и температурни условия в момента на постъпване на заявката.

Таблица 28: Пилотен обект № 2 - UC-AT-02 – основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Производство на фуражи – Gsellmann Mischfuttererzeugung; преработка на месо с непрекъснато хладилно охлаждане – Fleischhof Raabtal
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Gsellmann: приемане, сушене и смилане на зърно, смесване, транспортиране на материали и експлоатация на силози. Fleischhof Raabtal: клане и преработка на месо, хладилно съхранение, непрекъснато хладилно охлаждане, вентилация и технологични линии.
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Gsellmann: смилане, мелене и други производствени товари, чието изместване във времето е осъществимо при експлоатацията. Fleischhof Raabtal: хладилни компресори и предварително охлаждане на камерите за съхранение на замразени продукти, хладилните камери и работните зони с контролирана температура.
Мащаб на гъвкавостта	Отделно съоръжение / обект
Равнище на управление	Управление на равнище съоръжение и обект чрез съществуващи системи, с възможност за подпомагане от функции за управление на енергията и товара.

Пазарна и системна среда - UC-AT-02

UC-AT-02 обхваща управлението на претоварванията и интегрирането на производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници в рамките на евентуален бъдещ пазар на гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа. За оценка на потенциалните потребности от гъвкавост на това равнище и на възможните действия на промишлените обекти в отговор на тези потребности ще бъдат използвани представителни сценарии.

Сценарият на използване ще изследва възможния принос на енергийната гъвкавост на промишлените обекти към бъдещ механизъм за гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа, както и потенциалните ползи от този принос. Тъй като понастоящем в Австрия не съществува такъв пазар, оценката ще бъде концептуална и ще се основава на сценарии.

Таблица 29: Пилотен обект № 2 - UC-AT-02: основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Управление на претоварването
Целеви пазар	Евентуален бъдещ местен пазар на гъвкавост / пазар на равнище оператор на разпределителна система
Категория на задействащото събитие	Мрежа / заявка
Степен на зрялост	Бъдещ / симулиран
Основен фактор за създаване на стойност	Подпомагане на работата на мрежата / надеждност / придобиване на знания и опит

Източник на приходи / ползи	Възможни бъдещи плащания за услуги в подкрепа на мрежата / облекчаване на претоварването / подобрена интеграция на производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници

Участници в сценария на използване - UC-AT-02

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Предоставя информация относно гъвкавите производствени товари, практиките за управление на натоварването и експлоатационните ограничения.

Fleischhof Raabtal: Предоставя информация относно възможностите за гъвкаво прилагане на хладилно охлаждане, температурните условия и изискванията за поддържане на хладилната верига.

EVON: Предоставя енергийни и технологични данни от промишлените обекти и знания за съществуващите системи за управление на равнище обект.

Европейският център за възобновяема енергия в Гюсинг: Координира сценария за използване, съдейства за събирането на обратна връзка от екосистемата на пилотния обект и предоставя препоръките на промишлените обекти.

LEONARDO: Предоставя съответните знания за пазара и подпомага разработването и оценката на бъдещи сценарии за гъвкавост.

LEONARDO / платформа за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP): Подпомага оценката на промишлената енергийна гъвкавост в рамките на определените сценарии.

Евентуален бъдещ оператор на разпределителна система или пазарен оператор: Представлява участника, който определя потребностите на мрежата и подава заявки за гъвкавост на бъдещ пазар на равнището на оператора на разпределителната система.

Изпълнение на сценария на използване: UC-AT-02

Сценарият на използване ще прилага представителни сценарии за гъвкавост на равнище разпределителна мрежа, за да проучи как промишлените потребители биха могли да участват в евентуален бъдещ пазар на равнище оператор на разпределителна система. Разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост ще бъде сравнена с предполагаемите потребности от гъвкавост, като при необходимост ще се използват промишлени данни и аналитични резултати.

Констатациите ще бъдат обсъдени с промишлените обекти и участниците в екосистемата на пилотния обект. Обратната им връзка ще подпомогне прецизирането на сценариите и изготвянето на препоръки за възможното бъдещо използване на промишлената енергийна гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система.

ТАБЛИЦА 30:ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 2 - UC-AT-02: ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Определяне на представителна потребност от гъвкавост на равнище разпределителна мрежа или мрежово предизвикателство
Входни данни / променливи	Съответна информация за пазара и сценариите, данни за промишлените товари и процеси, информация за фотоволтаичното производство и съхранението на енергия и експлоатационни ограничения
Логика за вземане на решения	Сравняване на разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост с представителните потребности от гъвкавост и оценка на потенциалната ѝ приложимост
Очаквано действие	Определяне на възможни действия на промишлените обекти за предоставяне на гъвкавост и възможни подходи за комуникация
Очакван резултат	Оценка въз основа на сценарии на разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост за бъдещо използване на равнище оператор на разпределителна система, заедно с препоръки за това как тя би могла да бъде заявявана и използвана за намаляване на върховите стойности на мощността при потребление и отдаване на електроенергия към мрежата и за облекчаване на претоварването на разпределителната мрежа

Системи, данни и ограничения

Използвани системи: Промишлени системи за мониторинг, интерфейси за данни на EVON, компоненти на проекта LEONARDO / платформата за активиране и агрегиране на енергийната гъвкавост в промишлеността и информация относно сценариите, определени по проекта.

Използвана информация: Данни за промишлените товари и процеси, наличната гъвкавост, производството на електроенергия от фотоволтаични инсталации и съхранението на енергия, експлоатационните ограничения и представителните потребности от гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система.

Технически и експлоатационни ограничения: Производствени изисквания и непрекъснатост на производствените процеси в Gsellmann; изисквания за температурния режим, хигиената, безопасността на храните и поддържането на хладилната верига във Fleischhof Raabtal.

Пазарни и регулаторни ограничения: В Австрия все още не е създаден пазар за гъвкавост на равнището на операторите на разпределителни системи. Поради това оценката ще се извърши въз основа на представителни сценарии при липса на данни за мрежови ограничения, свързани с конкретни обекти или за действителни заявки от оператор на разпределителна система.

Основен сценарий на използване

Задействане: Установява се съответно предизвикателство пред разпределителната мрежа, въз основа на което се определя представителна потребност от гъвкавост за евентуален бъдещ пазар на равнище оператор на разпределителна система.

Оценка: Разполагаемата гъвкавост в промишлените обекти ще бъде сравнена с изискванията на представителния сценарий. Отчитат се данните за промишлените товари и процеси, информацията за фотоволтаичното производство и съхранението на енергия и експлоатационните ограничения.

Решение: Възможните варианти за отклик се оценяват от гледна точка на техническата и експлоатационната им осъществимост. За съответния сценарий се определят подходящи промишлени съоръжения и възможни действия за предоставяне на гъвкавост.

Активиране: Избраният отклик се представя като действие за предоставяне на гъвкавост в рамките на разглеждания сценарий, показващо как промишленото потребление би могло да бъде адаптирано в отговор на бъдеща заявка от оператор на разпределителна система.

Наблюдение и резултат: Оценява се потенциалният принос на енергийната гъвкавост в промишлеността за покриване на прогнозната потребност на мрежата. Резултатите и обратната връзка от промишлените обекти се използват за прецизиране на сценария и изготвяне на препоръки относно евентуален бъдещ механизъм за гъвкавост на равнището на оператора на разпределителната система.

3.2.2.3 UC-AT-03 – Координация на гъвкавостта между различни равнища

Описание на сценария на използване - UC-AT-03

UC-AT-03 оценява възможностите за координирано използване на промишлената енергийна гъвкавост чрез евентуален бъдещ механизъм за гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система и чрез съществуващите услуги за гъвкавост на равнище оператор на преносна система. Сценарият на използване се основава на промишлената енергийна гъвкавост, установена в UC-AT-01 и на евентуалния бъдещ механизъм на равнище оператор на разпределителна система, разгледан в UC-AT-02.

Разглежданият сценарий на използване не предвижда пряко участие на промишлените предприятия на пазарите на гъвкавост на равнището на оператора на преносната система. Наличната гъвкавост в отделните промишлени обекти може да е недостатъчна за пряко участие, като за такова участие би било необходимо и изпълнението на допълнителни изисквания относно достъпа до пазара, агрегирането, техническите условия и предварителната квалификация. Освен това механизмът на равнището на оператора на разпределителната система, разгледан в UC-AT-02, понастоящем не съществува в Австрия.

Поради това съществена цел на UC-AT-03 е да се установи при какви условия промишлени обекти като Gsellmann и Fleischhof Raabtal биха могли да участват в предоставянето на услуги за гъвкавост на равнището на оператора на преносната система и как това участие би могло да се организира на практика. В рамките на сценария на приложение приложимите технически и експлоатационни изисквания, както и изискванията за агрегиране и достъп до пазара ще бъдат разгледани и съпоставени с характеристиките на наличната енергийна гъвкавост на промишлените обекти.

UC-AT-03 има предимно концептуален характер. В рамките на оценката наличната енергийна гъвкавост в промишлеността ще бъде съпоставена с избрани изисквания на операторите на разпределителни и преносни системи и ще бъдат проучени възможностите за организиране

на евентуалното участие или координация. Оценката ще се основава на относима пазарна информация, обмен на знания и представителни сценарии. Промишлените данни и аналитичните инструменти могат да подпомогнат оценката, но не обхващат целия процес по изпълнение на сценария на използване.

Очакваният резултат е оценка на пригодността на разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост за механизми на равнище оператори на разпределителни и преносни системи, включително подходящи варианти за участие и координация и условията, които би трябвало да бъдат изпълнени.

ТАБЛИЦА 31: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 2 - UC-AT-03: ОСНОВНИ ОБЩИ ПАРАМЕТРИ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-AT-03 – Координация на гъвкавостта между различни равнища
Кратко описание	Съвместна оптимизация на предоставянето на промишлена енергийна гъвкавост както в разработения механизъм за гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система, така и на пазарите на гъвкавост на равнище оператор на преносна система.
Цел / предназначение	Оценка на възможностите за координиране на промишлената енергийна гъвкавост между евентуален бъдещ механизъм на равнището на оператор на разпределителна система и съществуващите механизми на равнището на оператор на преносна система.
Разглеждано системно равнище	Промишлен процес / експлоатация на мрежата / пазар
Очакван резултат	Оценка на пригодността на разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост за механизми за гъвкавост на равнище оператори на разпределителни и преносни системи, включително осъществими варианти за координирано разпределяне на гъвкавостта между двете равнища.

Промишлена среда - UC-AT-03

UC-AT-03 разглежда съвкупно характеристиките на гъвкавостта, налична в двата промишлени обекта. Ресурсите се различават по експлоатационните си характеристики, поради което могат да бъдат подходящи за предоставяне на различни видове услуги за гъвкавост.

Гъвкавостта, осигурявана чрез технологичните процеси, зависи от текущите производствени условия и по принцип може да се предоставя само в ограничени времеви интервали. На разполагаемостта ѝ влияят производствените графици, непрекъснатостта на процесите, температурните условия и други експлоатационни изисквания. Съхранението на енергия в батерии може да осигури по-добре управляем отклик в зависимост от разполагаемия капацитет, степента на зареждане и експлоатационните условия.

При оценката разполагаемите ресурси ще бъдат разграничени според мощността, времето за отклик, продължителността, разполагаемостта и управляемостта им. Експлоатационните ограничения на промишлените процеси остават приложими във всички случаи и определят какъв обем гъвкавост би могъл да бъде предоставен за използване на равнище оператор на разпределителна или преносна система.

Таблица 32: Пилотен обект № 2 - UC-AT-03: основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Производство на фуражи – Gsellmann Mischfuttererzeugung; преработка на месо с непрекъснато хладилно охлаждане – Fleischhof Raabtal
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Gsellmann: приемане, сушене и смилане на зърно, смесване, транспортиране на материали и експлоатация на силози. Fleischhof Raabtal: клане и преработка на месо, хладилно съхранение, непрекъснато хладилно охлаждане, вентилация и технологични линии.
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Gsellmann: смилане, мелене и други производствени товари, чието изместване във времето е осъществимо при експлоатацията. Fleischhof Raabtal: хладилни компресори и предварително охлаждане на камерите за съхранение на замразени продукти, хладилните камери и работните зони с контролирана температура.
Мащаб на гъвкавостта	Отделно съоръжение / обект
Равнище на управление	Съществуващи системи за управление на равнище съоръжение и обект, подпомагани от функции за управление на енергията и товара

Пазарна и системна среда - UC-AT-03

UC-AT-03 разглежда евентуален бъдещ механизъм за гъвкавост на равнище оператор на разпределителна система заедно със съществуващите услуги за гъвкавост на равнище оператор на преносна система. Съответните изисквания за участие и технически изисквания на равнище оператор на преносна система ще се използват за оценка на това при какви условия разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост би била подходяща за такива услуги.

Сценарият на използване ще разгледа и възможните случаи на припокриване при използването на гъвкавостта на равнище оператори на разпределителни и преносни системи, тъй като едно и също изместване на товара във времето или един и същ капацитет за съхранение не могат да бъдат ангажирани едновременно и на двете равнища. Възможните варианти за координация ще бъдат оценени въз основа на техническата пригодност, времевите параметри и експлоатационните ограничения. Оценката остава теоретична и не предполага реално участие на пилотните обекти на пазара.

Таблица 33: Пилотен обект № 2 - UC-AT-03: основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Спомагателни услуги / управление на претоварването
Целеви пазар	Балансиращ пазар / евентуален бъдещ местен пазар на гъвкавост / оператор на разпределителна система – оператор на преносна система
Категория на задействащото събитие	Мрежа / заявка
Степен на зрялост	Съществуващ / бъдещ / симулиран

Основен фактор за създаване на стойност	Подпомагане на работата на мрежата / приходи / придобиване на знания и опит
Източник на приходи / ползи	По-ефективно използване на разполагаемата гъвкавост / потенциално възнаграждение за предоставяне на гъвкавост

Участници в сценария на използване - UC-AT-03

Gsellmann Mischfuttererzeugung: Предоставя информация за гъвкавите производствени процеси, съхранението на енергия и съответните експлоатационни ограничения.

Fleischhof Raabtal: Предоставя информация за гъвкавостта на хладилното охлаждане и съответните изисквания за хладилната верига, хигиената и производството.

EVON: Предоставя енергийна и технологична информация от промишлените обекти и знания за съществуващите възможности за наблюдение и управление.

Европейският център за възобновяема енергия в Гюсинг: Координира сценария на използване, подпомага обмена в рамките на екосистемата на австрийския пилотен обект и обединява произтичащите от него препоръки.

LEONARDO и партньорите от екосистемата на пилотния обект: Предоставят знания за механизмите за гъвкавост на равнище оператори на разпределителни и преносни системи, организацията на агрегирането и съответните условия за участие.

Потенциален доставчик на агрегирани услуги, компания за енергийни услуги (ESCO) или доставчик на услуги по балансиране: Представлява възможен посредник за агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост и улесняване на достъпа до услуги на равнище оператор на преносна система.

Оператор на разпределителна система и оператор на преносна система: Представляват участниците в системата и изискванията, разглеждани при теоретичната оценка на координацията.

Изпълнение на сценария на използване - UC-AT-03

Сценарият на използване ще разгледа съответните механизми за гъвкавост и условия за участие на равнище оператор на преносна система заедно с евентуалния бъдещ механизъм на равнище оператор на разпределителна система, разглеждан в UC-AT-02.

Характеристиките на наличната промишлена енергийна гъвкавост ще бъдат съпоставени с установените условия. Данните за пилотните обекти могат да подпомогнат преценката дали тази гъвкавост би била подходяща за използване на равнището на оператор на разпределителна система или на оператор на преносна система, или и на двете равнища.

При припокриване на възможните приложения ще бъдат разгледани принципи за разпределение и координация, като се вземат предвид техническата пригодност, времевите параметри и експлоатационната разполагаемост. Констатациите ще бъдат обсъдени с

промишлените обекти и участниците в екосистемата на пилотния обект. Въз основа на тях ще бъдат формулирани препоръки относно възможностите за участие и координация.

ТАБЛИЦА 34: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 2 - UC-AT-03: ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Определяне на съответен механизъм за гъвкавост на равнище оператор на преносна система за оценка на потенциалното участие на промишлените обекти.
Входни данни / променливи	Характеристики и експлоатационни ограничения на разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост; съответни условия за участие на равнище оператор на преносна система; времеви параметри и разполагаемост.
Логика за вземане на решения	Разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост ще бъде сравнена със съответните условия на равнище оператор на преносна система. След това ще бъдат оценени потенциалните варианти за участие и тяхната координация с възможното използване на равнище оператор на разпределителна система.
Очаквано действие	Определяне и сравняване на възможни варианти за участие и координация на равнище оператор на преносна система.
Очакван резултат	Оценка на потенциалната пригодност на разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост за механизми на равнище оператор на преносна система, заедно с препоръки за възможната ѝ координация с използването на равнище оператор на разпределителна система.

Системи, данни и ограничения - UC-AT-03

Използвани системи: Промишлени системи за наблюдение и управление, evon като централен възел за данни и съответни източници на информация за механизми за гъвкавост на равнище оператор на преносна система.

Използвана информация: Данни за промишлените товари, фотоволтаичното производство и съхранението на енергия, разполагаема гъвкавост, експлоатационни ограничения и съответни условия за участие на равнище оператор на преносна система. В съответните случаи се разглежда и възможната координация с използването на равнище оператор на разпределителна система.

Технически и експлоатационни ограничения: Разполагаемостта на гъвкавостта зависи от работното състояние на промишлените процеси и изискванията им за производството и хладилната верига. Една и съща гъвкавост не може да бъде разпределяна едновременно към различни механизми.

Пазарни и регулаторни ограничения: Участието в съществуващите механизми за гъвкавост на равнището на оператора на преносната система зависи от приложимите условия за достъп до пазара и за агрегиране. Поради това координацията с евентуалното им бъдещо използване на равнището на оператора на разпределителната система ще бъде оценена на концептуално равнище.

Основен сценарий на използване - UC-AT-03

Задействане: Определя се съответен механизъм за гъвкавост на равнище оператор на преносна система за оценка на потенциалното участие на промишлените обекти.

Оценка: Разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост и експлоатационните ѝ ограничения се сравняват със съответните условия за участие на равнище оператор на преносна система. В съответните случаи се разглежда и възможната координация с използването на равнище оператор на разпределителна система.

Решение: Определят се подходящи варианти за участие и възможни случаи на припокриване между използването на равнище оператори на преносни и разпределителни системи. Възможните варианти за координация се оценяват при спазване на експлоатационните ограничения на промишлените обекти.

Активиране: Установените варианти се представят чрез концептуален сценарий за участие и координация.

Наблюдение и резултат: Оценяват се потенциалната пригодност и ползите от установените варианти. Обратната връзка от промишлените обекти и екосистемата на пилотния обект подпомага формулирането на препоръки за възможно бъдещо участие и координация на гъвкавостта между различни равнища.

3.2.3 Пилотен обект № 3: Българо-гръцки пилотен обект

Общ преглед на сценариите на използване за пилотния обект

Българо-гръцкият пилотен обект представлява транснационален промишлен клъстер, обхващащ две съседни и взаимосвързани балансиращи зони: балансиращата зона на София, управлявана от българския оператор на електропреносната система „Електроенергиен системен оператор“ (ECO) и балансиращата зона на Солун, управлявана от гръцкия оператор на електропреносната система, Независимия оператор на електропреносната система на Гърция (IPTO). Двете зони са свързани чрез трансграничната междусистемна връзка между България и Гърция, която осигурява физическата основа за трансграничния обхват на пилотния обект. Университетът в Патра координира дейностите по пилотния обект както в България, така и в Гърция.

Българският пилотен обект е организиран като промишлен клъстер под ръководството на „Стомана Индъстри“, в който участват и „София Мед“ и ETEM Гестамп. Клъстерът обединява енергоемки производствени процеси в стоманодобива и обработката на мед и алуминий. „Стомана Индъстри“ е водещ производител на стомана. Заводът ѝ включва четири основни производствени звена: електростоманодобивен цех, листопрокатен цех, валцовъчен цех и топков цех. Дружеството е сред петте най-големи потребители на електроенергия в България. „Стомана“ е присъединена към електроенергийната мрежа на ниво свръхвисоко напрежение и експлоатира системи за енергийно управление на Schneider Electric. Дружеството участва пряко на българските пазари „Ден напред“ и „В рамките на деня“, управлявани от „Българска независима енергийна борса“ (БНЕБ), като самостоятелно изпълнява функциите на лице, отговорно за баланса (BRP). В рамките на пилотния обект то изпълнява и ролята на доставчик на агрегирани услуги за ръководения от него български промишлен клъстер. „София Мед“ участва с процеси на леене, валцуване и екструзия при обработката на мед, за които се осъществява наблюдение на енергийните показатели на ниво обект и технологичен процес.

ETEM Гестамп участва с електрически товари, свързани с екструзията на алуминий и последващите технологични операции, както и с производство на електроенергия от фотоволтаични съоръжения на площадката, като използва инфраструктура за енергийно управление на Schneider.

Пилотният обект от гръцка страна обхваща промишления комплекс на HELLENiQ ENERGY в Солун, който включва рафинерия тип „хидроскиминг" с непрекъснат процес на рафиниране, започващ с дестилация на суров нефт и преминаващ през вторична преработка и хидрообработка, както и свързаното с нея нефтохимическо производство. Комплексът е присъединен към преносната мрежа на Независимия оператор на електропреносната система на Гърция, използва системите за енергийно управление Powernet и Zenon на PROTASIS и разполага с обширна база от телеметрични данни. Комплексът участва на пазарите „Ден напред" и „В рамките на деня", организирани от Гръцката енергийна борса, чрез доставчик на агрегирани услуги, а не пряко.

Споразумението за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ (GA) предвижда два сценария за използване за българо-гръцкия пилотен обект: сценарий за формиране на клъстер в рамките на една държава, ограничен до българската страна (GA-UC#1) и сценарий за трансгранично обединяване в клъстер на промишлени ресурси за осигуряване на гъвкавост, обхващащ двете балансиращи зони (GA-UC#2). За разлика от италианския пилотен обект българо-гръцкият консорциум е запазил първоначалната структура от два сценария за използване, без да я преструктурира, тъй като сценариите обхващат различни, но взаимно допълващи се части от системата, като вторият надгражда пряко първия. В резултат на моделирането по задача T2.3 обаче пазарният обхват на двата сценария е прецизиран с оглед на пазарните функции, които участващите промишлени предприятия действително изпълняват и данните, предоставени при проучването на пилотния обект. Съответствието с първоначалните сценарии за използване, предвидени в споразумението за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ, е следното:

- **UC-BGGR-01 – Агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България** обхваща обединяването в клъстер в рамките на една държава, предвидено в GA-UC#1. Споразумението за безвъзмездно финансиране е предвиждало участие в българския пазар на едро на електроенергия и резерви, със „Стомана" в ролите както на отговарящо за баланса лице, така и на доставчик на услуги по балансиране. Моделираният сценарий на използване запазва участието в българския пазар „Ден напред", но ограничава обхвата на балансирането до пазара на балансираща енергия, като „Стомана" изпълнява функциите на отговарящо за баланса лице. На този етап не се разглежда участие като доставчик на услуги по балансиране на пазара на резервна мощност, тъй като това би изисквало предварително оценяване на агрегирания клъстер, а това условие към момента не е изпълнено. Това представлява целенасочено стесняване на обхвата до онова, което може да бъде надеждно моделирано и оценено въз основа на наличните данни и сведения, а не намаляване на общите амбиции на пилотния обект.
- **UC-BGGR-02 – Трансгранично агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост между България и Гърция** обхваща GA-UC#2. Споразумението за предоставяне на безвъзмездно финансиране предвижда сценарий, при който ресурсите за гъвкавост на

българския клъстер участват косвено, без използване на централна платформа, в гръцкия балансиращ пазар, управляван от Независимия оператор на електропреносната система на Гърция. Участието се осъществява чрез гръцката електроенергийна компания PPC в качеството ѝ на сертифициран доставчик на агрегирани услуги. За целта се използва оставащата разполагаема преносна способност на междусистемните връзки, тъй като клирингът на гръцкия пазар на резерви се извършва след клиринга на пазара „Ден напред". Моделираният сценарий запазва този механизъм и го допълва със сравнителна оценка, при която офертите се оптимизират за пазара „Ден напред" и пазара на балансираща енергия от двете страни на границата. По този начин потенциалът за междупазарен арбитраж и стойността на оставащата разполагаема междусистемна преносна способност се определят количествено, вместо да се приемат за даденост.

В двата сценария на използване платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) служи като обща технологична основа, разположена над слоя на промишлените системи за управление на енергията в двата пилотни обекта. Двата сценария използват една и съща методология за определяне на характеристиките на гъвкавостта, при която всеки промишлен процес се съпоставя с типов модел на гъвкавост, клас и подтип, а получената област на допустимите работни режими се използва като съвкупност от ограничения при оптимизацията. И двата сценария се основават на механизмите за проактивно прогнозиране на потреблението и гъвкавостта, разработени по задача T4.1, както и на методите за прогнозиране на цените на енергийните пазари и за използване на гъвкавостта, разработени по задача T4.2. И двете задачи се ръководят от Университета в Патра. По степен на зрялост двата сценария на използване са класифицирани като „Бъдещ". Понастоящем нито обединението в рамките на България, нито трансграничното обединение функционират като субекти, подаващи агрегирани оферти. Поради това те ще бъдат оценени в рамките на пилотния обект чрез моделиране и симулация въз основа на измерени данни от заводите.

Таблица 35: Пилотен обект № 3 – общ преглед на сценариите на използване

Идентификатор на сценария на използване	Наименование на сценария на използване	Основна насоченост
UC-BGGR-01	Агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България	Агрегиране на гъвкавостта на клъстера на „Стомана" в балансиращата зона София и разработване на стратегически подход за подаване на оферти на българския пазар „Ден напред" и пазара на балансираща енергия чрез платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP), като „Стомана" изпълнява функциите на доставчик на агрегирани услуги за клъстера и отговарящо за баланса лице
UC-BGGR-02	Трансгранично агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост между България и Гърция	Оценка на осъществимостта и стойността на съвместното агрегиране на клъстера на „Стомана" и HELLENiQ ENERGY в балансиращите зони на „Електроенергиен системен оператор" (ECO) и Независимия оператор на електропреносната система на Гърция (IPTO), с използване на оставащата разполагаема междусистемна преносна способност между България и Гърция и количествено определяне на потенциала за арбитраж между пазари

3.2.3.1 UC-BGGR-01 – Агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България

Описание на сценария на използване - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 е основният сценарий за използване на българо-гръцкия пилотен обект. Неговата цел е да обедини наличната промишлена енергийна гъвкавост в клъстера на територията на България, ръководен от „Стомана Индъстри" и да оптимизира използването ѝ чрез платформата iFAAP с оглед разработването на стратегически подход за подаване на оферти на българския пазар на едро с електрическа енергия и на пазара на балансираща енергия. Сценарият се осъществява изцяло в балансиращата зона София и съответно обхваща един оператор на преносна система, една пазарна среда и един набор от национални пазарни правила. Поради това той е по-простият от двата сценария и служи като основа за трансграничния сценарий UC-BGGR-02. Основният технически въпрос е до каква степен енергоемките производствени процеси могат да бъдат изместени във времето или продължителността им да бъде съкращавана, като се съвместяват изискванията за бързина с необходимостта от гарантиране на качеството на продукцията и безопасността на производствения обект. Очакваният резултат е оценка, основана на доказателства, на действителната гъвкавост на отделните процеси и на нейните граници, както и валидиран подход за обединяване на тази гъвкавост и подаване на оферти, съобразен с технологичните ограничения на процесите.

Таблица 36: Пилотен обект № 3 - UC-BGGR-0: основни общи параметри на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-BGGR-01 — Агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България
Кратко описание	Агрегиране на промишлените товари и съоръжения на клъстера на „Стомана" за участие в българските пазари на едро на електроенергия и за балансиране.
Цел / предназначение	Оптимизиране на агрегираната българска промишлена енергийна гъвкавост чрез платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) и разработване на стратегически подход за подаване на оферти на българските пазари на едро и за балансиране (при балансирането ще се разглежда само участие в пазара на балансираща енергия в качеството на отговарящо за баланса лице).
Разглеждано системно равнище	Промишлени процеси / система за управление на енергията на обекта / платформа за агрегиране / българска преносна система / пазари на едро и на резерви.
Очакван резултат	Подкрепена с доказателства оценка на гъвкавите процеси и валидиран подход за агрегиране и подаване на оферти, съобразен с ограниченията за качество на продукцията и безопасност.

Промишлена среда - UC-BGGR-01

Сценарият за приложение обхваща три промишлени обекта с високо потребление на електроенергия. Основният потенциал за гъвкавост на клъстера е съсредоточен в електростоманодобивния цех на „Стомана", където металният скрап се преработва в течна стомана с помощта на две електродъгови пещи (ЕДП 1 с мощност 120 MBA и ЕДП 3 с мощност 75 MBA), две кофъчни пещи (кофъчна пещ 1 и кофъчна пещ 2, всяка с мощност 18 MBA),

машини за непрекъснато разливане на заготовки (с обща мощност приблизително 5 MBA) и вакуумен дегазатор (с мощност приблизително 1 MBт). Листопрокатният, валцовъчният и топковият цех допълват технологичната верига на „Стомана". Тези процеси се считат за гъвкави поради периодичния си характер: всяка плавка изисква значителна и по същество постоянна мощност за ограничен период и по правило може да започне по-рано или по-късно в рамките на производствения график, без това да променя общото необходимо количество енергия. „София Мед" участва чрез три групи енергоемки процеси за обработка на мед: леярно производство (пикова мощност 7 MBт, ~34 ГВтч/год.), валцуване (~9 MBт, ~42 ГВтч/год.) и екструзия (~2 MBт, ~10 ГВтч/год.). И трите групи са определени като процеси с променяем график, като гъвкавостта им се изразява във възможността за промяна на времето на изпълнение при спазване на производствените изисквания. ETEM Гестамп участва чрез екструзия на алуминий (~3,39 MBт, 15,57 ГВтч/год.), вторична обработка (1 MBт, 4,5 ГВтч/год.) и допълнителна група промишлени процеси (0,8 MBт, 0,6 ГВтч/год.). Всички те са класифицирани като процеси с постоянна мощност и променяем график и се наблюдават през 15-минутни интервали. Очаква се гъвкавостта им да се осигурява предимно чрез изместване във времето или прекъсване на работата им при спазване на ограниченията, произтичащи от производствения график, а не чрез промяна на работната им мощност. Така се формира разнороден портфейл от промишлени ресурси за гъвкавост, който обхваща големи електрически товари от периодични стоманодобивни процеси и процеси на обработка на метали и екструзия в по-малък мащаб. Както е посочено в раздел 2.2.3, проучването установява четири съоръжения или групи процеси с възможност за гъвкава работа в „Стомана". Всички те са отнесени към типовия модел на гъвкавост „Процес с променяем график" (клас A) с подтип „Прекъсваем процес с постоянна мощност":

- **Топене на скрап (електродъгови пещи):** Инсталирана мощност от 195 MBA, 205,08 ГВтч/год. и неедновременен върхов товар от 107 MBт, достигнат през деня.
- **Вторична металургия (кофъчни пещи):** инсталирана мощност 36 MBA, 26,53 ГВтч/год., върхов товар 34,8 MBт, достиган през деня.
- **Останало оборудване в електростоманодобивния цех (разливане):** инсталирана мощност 13 MBA, от които приблизително 5 MBA се падат на процеса на разливане, потребление 22,59 ГВтч/год. и върхов товар 11,3 MBт, достиган през деня. По отношение на общия товар на останалото оборудване в електростоманодобивния цех се приема, че единствено процесът на разливане може да осигурява гъвкавост.
- **Филтриращи инсталации:** инсталирана мощност 17 MBA, 18,4 ГВтч/год., върхов товар 14,4 MBт, достиган през нощта.

Мощностите на двигателите на отделните агрегати в електростоманодобивния цех са потвърдени. Мощността, която може да се предоставя за осигуряване на гъвкавост, периодите на нейното предоставяне и разполагаемостта ѝ обаче продължават да зависят от проверката и потвърждаването на технологичните ограничения и се определят в рамките на пилотния обект. Основното ограничение за всички съоръжения произтича от съвкупното действие на присъщите на стоманодобива технологични ограничения, производствения график и изискванията за качество, безопасност и поддръжка. Гъвкавостта се управлява на равнището на промишлената система за управление на енергията, а координацията се осъществява на

равнище клъстер. Конкретните решения относно автоматизацията и разпределението на правомощията за управление все още подлежат на проверка и потвърждаване от партньорите.

При „София Мед" проучването установява три основни групи процеси с високо потребление на електроенергия като товари, чийто график може да се променя:

- **Леярна:** 33,88 ГВтч/год., върхов товар 7,01 МВт, достиган през деня.
- **Валцуване:** 41,83 ГВтч/год., върхов товар 8,77 МВт, достиган през деня.
- **Екструзия:** 9,74 ГВтч/год., върхов товар 1,76 МВт, достиган през деня.

Следователно приносът на „София Мед" е съсредоточен в три последователни етапа на обработка на медта с различни равнища на потребление на електроенергия. Най-голям дял от отчетеното потребление се пада на валцуването, следвано от дейностите в леярната и екструзията. Определянето на тези етапи като процеси с възможност за промяна на графика сочи, че гъвкавостта се очаква да бъде осигурена предимно чрез промяна на времето за извършване и последователността на производствените дейности.

При ETEM Гестамп проучването установява три групи процеси по типовия модел на гъвкавост „Процес, чийто график може да се променя" (клас А), с подтип „Прекъсваем процес с постоянна мощност":

- **Екструзия на алуминий:** 15,57 ГВтч/год., наблюдаван върхов товар 3,39 МВт.
- **Вторична обработка:** 4,47 ГВтч/год., наблюдаван върхов товар 1,01 МВт.
- **Допълнителна група промишлени процеси:** 0,56 ГВтч/год., наблюдаван върхов товар 0,82 МВт.

В разглеждания случай разполагаемата гъвкавост е съсредоточена в процесите на екструзия на алуминий и в електрическите товари на последващите технологични операции, чието потребление варира съществено в зависимост от производствения график. Предоставените данни от измерванията отчитат периоди на понижено натоварване, което потвърждава тясната зависимост между разполагаемостта на съоръженията и режима на работа на производствените линии. За разлика от „София Мед", ETEM експлоатира и фотоволтаични мощности с инсталирана мощност 4 МВт на производствената площадка. Това налага координиране на потреблението на електроенергия за производствени нужди с производството на електроенергия от възобновяеми източници на място.

Таблица 37: Пилотен обект № 3 - UC-BGGR-01 – основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Производство на стомана (електродъгово производство на стомана), обработка на мед и алуминий.
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Електростоманодобивен цех на „Стомана" (посочени агрегати: електродъгова пещ 1 – 120 MBA, електродъгова пещ 3 – 75 MBA, кофъчна пещ 1 – 18 MBA, кофъчна пещ 2 – 18 MBA, машини за разливане – 5 МВт и вакуумен дегазатор – ~1 МВт), листопрокатен цех, валцовъчен цех и топков цех. Процеси в „София Мед": леярна – ~7 МВт, валцуване – ~9 МВт и екструзия – ~2 МВт. Екструзия на алуминий в ETEM – ~3 МВт, и други процеси – ~2 МВт.

Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Възможните източници на гъвкавост включват посочените електродъгови и кофъчни пещи, процеса на разливане, вакуумния дегазатор и филтриращите инсталации на „Стомана"; леярските процеси, валцуването и екструзията в „София Мед", както и товарите, свързани с екструзията на алуминий и вторичната обработка в ETEM Гестамп. Съответните проучвания определят тези процеси като подлежащи на пренасрочване или прекъсване, като действителната мощност, която може да се използва за осигуряване на гъвкавост, времевите параметри и продължителността подлежат на валидиране за всеки отделен технологичен процес.
Мащаб на гъвкавостта	Промишлен клъстер с няколко обекта (агрегиран чрез „Стомана" в балансиращата зона София).
Равнище на управление	Промишлена система за управление на енергията с координирано агрегиране; подробните решения за автоматизацията и разпределението на правомощията за управление изискват проверка и потвърждаване от партньорите.

Пазарна и системна среда - UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 обхваща два пазарни механизма в България: търговия на едро с електроенергия на пазара „Ден напред", организиран от „Българска независима енергийна борса" (БНЕБ) и търговия с балансираща енергия на пазара, управляван от „Електроенергиен системен оператор" (ECO). „Стомана" самостоятелно действа като отговорно за баланса лице. Мощността на „Стомана" обосновава изпълнението на тази функция, като обектът вече участва пряко на българските пазари „Ден напред" и „В рамките на деня". Следователно сценарият на приложение надгражда съществуващо участие на пазара, вместо да създава нова пазарна роля. Новият елемент е агрегирането на гъвкавостта на клъстера в рамките на тази роля и системното оптимизиране на офертите, формирани въз основа на нея. На този етап не се предвижда участие на пазара на резервна мощност в качеството на доставчик на услуги по балансиране. Прилагането на сценария се определя от пазарни сигнали и ценови прогнози, а не от ограничения на мрежата. Поради това очакваните ползи са икономически: намаляване на общите разходи на агрегирания клъстер за електроенергия и балансиране при запазване на качеството на продукцията и безопасността. Допълнителна полза е натрупването на знания за реалните граници на гъвкавостта в тежката металообработваща промишленост. Сценарият е класифициран по степен на зрялост като „Бъдещ", тъй като клъстерът все още не е функционирал като субект, подаващ агрегирани оферти.

Таблица 38: Пилотен обект № 3 - UC-BGGR-01 – основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Търговия на едро с електроенергия (пазар „Ден напред") / Пазар на балансираща енергия (в качеството на отговарящо за баланса лице).
Целеви пазар	Български пазар „Ден напред", управляван от „Българска независима енергийна борса" (БНЕБ) / Български пазар на балансираща енергия, управляван от „Електроенергиен системен оператор" (ECO).
Категория на задействащото събитие	Пазарен сигнал / прогноза / заявка от доставчика на агрегирани услуги.
Степен на зрялост	Бъдещ (клъстерът все още не функционира като субект, подаващ агрегирани оферти; сценарият на използване се оценява чрез моделиране и симулация въз основа на получените данни от заводите).

Основен фактор за създаване на стойност	Приходи / оптимизация на разходите / участие на пазара / придобиване на знания и опит.
Източник на приходи / ползи	Намаляване на общите разходи на промишления клъстер за електроенергия и балансиране чрез изместване на потреблението към периоди с по-ниски цени и подобряване на балансовата позиция на клъстера.

Участници в сценария на използване - UC-BGGR-01

„Стомана“: Промишлен обект и доставчик на агрегирани услуги за българския клъстер. Предоставя процесите в електростоманодобивния и прокатните цехове, които осигуряват разполагаемата гъвкавост, изпълнява функциите на агрегиращо лице за клъстера в рамките на България и има статут на отговарящо за баланса лице, чрез който агрегираната позиция се заявява на българските пазари.

„Електроенергиен системен оператор“: Български оператор на преносна система и оператор на балансиращата зона София. Определя рамката на балансиращия пазар и правилата, приложими към отговарящите за баланса лица, в рамките на които функционира агрегираният клъстер.

Платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) и доставчиците на технологии: Прогнозират, агрегират и оптимизират гъвкавостта на клъстера. В рамките на платформата отговорностите се разпределят между компонентите за прогнозиране на потреблението и цените, разработени от Университета в Патра по задачи T4.1 и T4.2, които изготвят прогнозите за потреблението и пазарните цени за следващия ден и компонента за обединяване на гъвкавостта на потреблението, разработен от технологичния център CARTIF, който определя характеристиките на разполагаемата гъвкавост чрез типови модели на гъвкавост и извежда оптималните оферти за пазара „Ден напред“ и за балансираща енергия.

Промишлена система за управление на енергията: Осигурява интегрирането на данните и управлението от промишления слой, като предоставя на iFAAP данни за измереното потребление и състоянието на процесите и предава получените графици обратно към завода.

Изпълнение на сценария на използване: UC-BGGR-01

UC-BGGR-01 се задейства при наличие на прогнози за цените на българския пазар „Ден напред“ и на балансиращата енергия за следващия ден на доставка, изготвени от разработените от Университета в Патра компоненти на iFAAP за прогнозиране на потреблението и цените. Тези прогнози се съпоставят с прогнозите за потреблението на заводите и технологичните процеси, с характеристиките на наличната гъвкавост, определени въз основа на рамката от типови модели на гъвкавост, както и с експлоатационните ограничения за следващия ден, съобщени от клъстера, включително планираните дейности по поддръжка и спирания. Въз основа на тези данни разработеният от технологичния център CARTIF компонент на iFAAP за обединяване на гъвкавостта на потреблението, който работи съвместно с доставчика на услуги по агрегиране за клъстера, определя оптималната стратегия за подаване на оферти. Компонентът първо изготвя офертите за пазара „Ден напред“ за агрегирания български клъстер, след което определя офертите за балансираща енергия, като

отчита вече заетата позиция на пазара „Ден напред“. Очакваното действие е изготвянето и подаването на съгласуван набор от агрегирани оферти за двата пазарни времеви хоризонта. Очакваният резултат е офертите да бъдат подадени и в случай на приемането им съответните ангажименти да бъдат изпълнени при запазване на качеството на продукцията и безопасността.

ТАБЛИЦА 39: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 3 - UC-BGGR-01 – ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Прогноза за цените на българския пазар „Ден напред“ и на балансиращата енергия.
Входни данни / променливи	Прогнози за потреблението на заводите и технологичните процеси; определяне на характеристиките на гъвкавостта чрез типови модели на гъвкавост; прогнози за пазарните цени; експлоатационни ограничения за следващия ден на съответните типови модели на гъвкавост (включително поддръжка и планирани спирания).
Логика за вземане на решения	iFAAP / доставчикът на агрегирани услуги за клъстера, като прогнозирането на потреблението и цените се осигурява от Университета в Патра, а обединяването на гъвкавостта на потреблението – от технологичния център CARTIF. Платформата оптимизира агрегираната гъвкавост спрямо прогнозните цени при спазване на областите на допустимите работни режими на типовите модели на гъвкавост, а доставчикът на агрегирани услуги за клъстера потвърждава получената стратегия за подаване на оферти в качеството си на отговарящо за баланса лице.
Очаквано действие	Изготвяне на оферти за пазара „Ден напред“ и за балансираща енергия за агрегирания български клъстер.
Очакван резултат	Подадени агрегирани оферти при запазване на качеството на продукцията и безопасността.

Системи, данни и ограничения - UC-BGGR-01

Използвани системи: Системи за управление на енергията на Schneider Electric в „Стомана“ и ETEM Гестамп и системата за управление на енергията, посочена от „София Мед“; промишлени системи за наблюдение и управление; платформата iFAAP за агрегиране и оптимизация; интерфейсите към българските пазарни платформи („Българска независима енергийна борса“ за пазара „Ден напред“, „Електроенергиен системен оператор“ за балансиращата енергия).

Използвана информация: Прогнози за потреблението на заводите и технологичните процеси; определяне на характеристиките на гъвкавостта чрез типови модели на гъвкавост; прогнози за пазарните цени на българския пазар „Ден напред“ и пазара на балансираща енергия; измерено потребление с времева разделителна способност от 15 минути, заедно със съответните исторически редове.

Технически и експлоатационни ограничения: Експлоатационни ограничения, присъщи на съответните типови модели на гъвкавост, по-специално прекъсваемият характер на процесите в електростоманодобивния цех и работата им при постоянна мощност; технологични ограничения; производственият график; ограничения, свързани с качеството на продукцията, безопасността на завода и поддръжката. Що се отнася до товара на останалото оборудване в електростоманодобивния цех, единствено процесът на разливане се счита за гъвкав. Към настоящия момент данните се извличат чрез ръчно експортиране, което ограничава постижимата степен на автоматизация до въвеждането на автоматизиран интерфейс.

Пазарни и регулаторни ограничения: Българските пазарни правила, приложими към лицата, отговорни за баланса. Участието на пазара на резервна мощност в качеството на доставчик на балансиращи услуги не попада в обхвата на моделирания сценарий на използване.

Основен сценарий на използване - UC-BGGR-01

Задействане: За следващия ден на доставка стават достъпни експлоатационните ограничения за съответните типови модели на гъвкавост, включително планираната поддръжка и спиранията (стъпка 1). След това разработените от Университета в Патра компоненти на iFAAP за прогнозиране на потреблението и цените изготвят прогнози за потреблението и за цените на електроенергията и балансиращата енергия на българския пазар (стъпка 2).

Оценка: Компонентът за обединяване на гъвкавостта на потреблението на iFAAP, разработен от технологичния център CARTIF, определя характеристиките на гъвкавостта, която всеки участващ процес може да предостави в рамките на областта на допустимите работни режими на своя типов модел на гъвкавост, като отчита производствения график и ограниченията за качество, безопасност и поддръжка, посочени от обекта и я агрегира в профил на разполагаемата гъвкавост на равнище клъстер.

Решение: Същият компонент изготвя оптималните оферти за българския пазар „Ден напред" (стъпка 3), а впоследствие – оптималните оферти за българския пазар на балансираща енергия, като отчита вече заетата позиция на пазара „Ден напред" (стъпка 4). „Стомана", в качеството си на доставчик на агрегирани услуги за клъстера и отговарящо за баланса лице, потвърждава получената стратегия.

Активиране: Потвърдените оферти се подават на българските пазари от „Стомана" в качеството ѝ на отговарящо за баланса лице, а получените графици се предават на промишлената система за управление на енергията, която съответно коригира времето на изпълнение и продължителността на засегнатите процеси.

Наблюдение и резултат: Фактическото потребление се измерва с времева разделителна способност от 15 минути и се сравнява с позицията по график. След това ключовите показатели за ефективност, определени за промишления клъстер и представени в раздел 4.2.3, се оценяват от партньорите в консорциума под ръководството на Университета в Патра (стъпка 5).

3.2.3.2 UC-BGGR-02 – Трансгранично агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост между България и Гърция

Описание на сценария на използване - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 разширява установения в UC-BGGR-01 подход за агрегиране отвъд границите на една балансираща зона. В рамките на този сценарий се оценява осъществимостта на съвместното агрегиране на гъвкавостта на клъстера на „Стомана" и Промишления комплекс на HELLENiQ ENERGY в Солун. Участващите промишлени предприятия се намират в две различни, но взаимосвързани местни балансиращи зони: едната е в зоната на отговорност на гръцкия оператор на преносна система, Независимия оператор на електропреносната система на

Гърция (IPTO), а другата е в зоната на отговорност на българския оператор на преносна система „Електроенергиен системен оператор" (ECO). Двете зони са свързани чрез трансгранична електропреносна линия. Сценарият оценява практически осъществимите възможности за трансгранично агрегиране на гъвкавостта между зоните на двата оператора чрез използване на остатъчната разполагаема преносна способност на междусистемната връзка. Пазарните условия от двете страни на границата се сравняват с цел количествено определяне на потенциала за междупазарен арбитраж. Съгласно споразумението за безвъзмездно финансиране участието на гъвкавостта на българския клъстер на гръцкия балансиращ пазар е имплицитно, тоест осъществява се без централна платформа, чрез сертифициран доставчик на агрегирани услуги. При оценката се отчита, че клирингът на гръцкия пазар на резерви се извършва след клиринга на пазара „Ден напред", което позволява остатъчната разполагаема преносна способност на междусистемните връзки да се използва за балансиране. Очакваният резултат е количествена оценка на потенциала за трансграничен арбитраж въз основа на сравнение на пазарните условия в двете държави при спазване на производствените ограничения на участващите промишлени предприятия и мрежовите ограничения на всяка от двете системи.

ТАБЛИЦА 40: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 3 - UC-BGGR-02: ОСНОВНИ ОБЩИ ПАРАМЕТРИ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Идентификатор и наименование на сценария на използване	UC-BGGR-02 – Трансгранично агрегиране на гъвкавостта на промишленото енергопотребление между България и Гърция
Кратко описание	Оценка на трансграничното агрегиране на клъстера на „Стомана" и HELLENiQ ENERGY за гъвкаво участие в пазарите на едро на електроенергия и пазарите на балансираща енергия в двете държави.
Цел / предназначение	Оценка на осъществимите възможности за трансгранично агрегиране на гъвкавостта между зоните на „Електроенергиен системен оператор" и Независимия оператор на електропреносната система на Гърция при използване на оставащата разполагаема междусистемна преносна способност.
Разглеждано системно равнище	Система за управление на енергията / доставчик на агрегирани услуги / платформа за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) / български и гръцки оператори на преносни системи / балансиращ пазар.
Очакван резултат	Проучване на потенциала за арбитраж между пазари чрез оценяване и сравняване на пазарните условия в двете държави.

Промишлена среда - UC-BGGR-02

Трансграничният клъстер обединява два съществено различни промишлени профила. От българска страна той включва същия клъстер от три промишлени предприятия като UC-BGGR-01: „Стомана", „София Мед" и ETEM Гестамп. От гръцка страна Промишленият комплекс на HELLENiQ ENERGY в Солун осъществява непрекъснат процес на рафиниране, вторична преработка и хидрообработка, заедно със свързаното нефтохимическо производство.

Определяща особеност на този сценарий на използване е различният характер на процесите в двата обекта. Товарите в българския стоманодобивен обект са периодични, могат да бъдат

прекъсвани и са с постоянна мощност, поради което графикът им на работа може да се променя. Рафинерийните процеси в гръцкия обект са непрекъснати и както е посочено в проучването на пилотния обект, промените в режима им на работа са редки и ограничени от производствените изисквания. Единственото съоръжение с възможност за гъвкаво управление, посочено за гръцкия обект, е двигателят на екструдера в производствената линия за полипропилен. Инсталираната му мощност е 5,4 MВт, годишното му потребление е приблизително 70,5 ГВтч, а върховият му товар е 4,67 MВт. Съоръжението е отнесено към категорията „Процес, чийто график може да се променя" и подкатегорията „Непрекъсваем процес с регулируема мощност" съгласно типологията на гъвкавостта. Това означава, че мощността на процеса може да се регулира, но той не може да бъде прекъсван. Регулируемата част от потребяваната мощност е най-много 1 MВт. Основните ограничения произтичат от технологичните изисквания и търговските потребности на завода. Не е определен конкретен период на върхово потребление, тъй като измененията в потреблението на енергия зависят от марката на произвеждания полипропилен. Текущите и историческите данни са достъпни чрез ръчен експорт с почасова времева разделителна способност, която е по-ниска от 15-минутната разделителна способност на данните от българския обект. Управлението се осъществява чрез системите за управление на енергията Powernet и zenon в HELLENiQ и чрез системите за управление на енергията на Schneider Electric в „Стомана".

Таблица 41: Пилотен обект № 3 - UC-BGGR-02 – основни параметри на промишлената среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Индустриален сектор	Производство на стомана, обработка на мед и алуминий (България); рафиниране на нефт и нефтохимическо производство (Гърция).
Основни промишлени процеси от значение за сценария	Агрегати в електростоманодобивния цех и прокатни цехове на „Стомана", както и непрекъснато рафиниране, вторична преработка и хидрообработка в HELLENiQ; леярски процеси, валцуване и екструзия в „София Мед"; екструзия на алуминий и вторична обработка в ETEM Гестамп.
Основни гъвкави процеси, потребяващи енергия	Възможните български източници на гъвкавост включват електродъговите и кофъчните пещи, агрегатите за разливане и вакуумния дегазатор на „Стомана", чиито мощности на двигателите са потвърдени, докато мощността за осигуряване на гъвкавост и разполагаемостта остават зависими от технологичните ограничения. HELLENiQ посочва, че промените в режима на работа на процесите са редки и ограничени от производствените изисквания; посоченото гъвкаво съоръжение е двигателят на екструдера за полипропилен, като могат да се регулират до 1 MВт от потреблението му.
Мащаб на гъвкавостта	Трансграничен промишлен клъстер с няколко обекта.
Равнище на управление	Системи за управление на енергията Powernet и zenon в HELLENiQ; системи за управление на енергията на Schneider Electric в „Стомана".

Пазарна и системна среда - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 обхваща търговията на едро с електроенергия и пазарите на балансираща енергия в България и Гърция. В България относимите пазари са пазарът „Ден напред", администриран от „Българска независима енергийна борса" (БНЕБ), на който „Стомана" участва пряко и пазарът на балансираща енергия, управляван от „Електроенергиен системен оператор" (ECO), на който „Стомана" действа като лице, отговорно за баланса. В Гърция относимите

пазари са пазарът „Ден напред“, администриран от Гръцката енергийна борса, на който HELLENiQ участва чрез доставчик на агрегирани услуги и пазарът на балансираща енергия, управляван от Независимия оператор на електропреносната система на Гърция. Съгласно споразумението за безвъзмездно финансиране достъпът на гъвкавостта на българския клъстер до гръцкия пазар на балансираща енергия е предвидено да се осъществява чрез имплицитно участие посредством сертифицирания доставчик на агрегирани услуги, гръцката електроенергийна компания PPC. Този доставчик би оптимизирал офертите за балансиране от името на целия трансграничен клъстер, без „Стомана“ да участва пряко на гръцкия пазар. Прилагането на сценария зависи от пазарните сигнали и прогнозите за цените от двете страни на границата. Последователността на клиринга на гръцките пазари, при която клирингът на пазара на резерви следва клиринга на пазара „Ден напред“, позволява оставащата разполагаема междусистемна преносна способност да се използва за балансиране. Очакваните ползи включват оптимизиране на разходите на участващите промишлени обекти, стойността от арбитража, основан на различията между пазарните условия в двете държави, както и натрупване на знания за реално осъществимите възможности за трансгранично агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост при действащата регулаторна рамка. По степен на зрялост сценарият е класифициран като „Бъдещ“.

Таблица 42: Пилотен обект #3 - UC-BGGR-02: основни параметри на пазарната и системната среда на сценария на използване

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Категория на механизма	Търговия на едро с електроенергия (пазар „Ден напред“) / Пазар на балансираща енергия (в качеството на отговарящо за баланса лице) / Трансгранично агрегиране.
Целеви пазар	Български пазар „Ден напред“ („Българска независима енергийна борса“) и пазар на балансираща енергия („Електроенергиен системен оператор“); гръцки пазар „Ден напред“ (Гръцка енергийна борса) и пазар на балансираща енергия (Независим оператор на електропреносната система на Гърция), като достъпът до последния се осъществява имплицитно чрез сертифицирания доставчик на агрегирани услуги – гръцката електроенергийна компания PPC.
Категория на задействащото събитие	Пазарен сигнал / прогноза / заявка от доставчика на агрегирани услуги.
Степен на зрялост	Бъдещ (към момента няма трансграничен агрегиран субект, участващ в нито един от двата пазара; оценката на сценария на използване се извършва въз основа на сценарий).
Основен фактор за създаване на стойност	Приходи / оптимизация на разходите / участие на пазара / придобиване на знания и опит.
Източник на приходи / ползи	Намаляване на общите разходи на трансграничния клъстер за електроенергия и балансиране, както и стойността на междупазарния арбитраж, реализирана чрез междусистемната връзка България–Гърция и отразена в обема на трансграничната търговия с електроенергия.

Участници в сценария на използване - UC-BGGR-02

HELLENiQ ENERGY: Гръцки промишлен потребител, участващ със своето потребление и потенциална гъвкавост. Предоставя информация за регулируемата част от товара на екструзията на полипропилен и свързаните технологични и търговски ограничения.

Клъстерът на „Стомана“: Български промишлен клъстер и участник в агрегирането на гъвкавост. Участва в трансграничната оценка с агрегираната гъвкавост, установена в UC-BGGR-01.

Независимият оператор на електропреносната система на Гърция: Гръцки оператор на преносна система и оператор на балансиращата зона Солун. Определя рамката на гръцкия балансиращ пазар и съвместно с „Електроенергиен системен оператор“ определя междусистемната преносна способност, разполагаема за следващия ден.

„Електроенергиен системен оператор“: Българският оператор на електропреносната система е оператор на балансиращата зона „София“. Той определя рамковите условия за функционирането на българския балансиращ пазар и съвместно с Независимия оператор на електропреносната система на Гърция определя оставащия разполагаем междусистемен преносен капацитет.

Платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) и доставчиците на технологии: Прогнозират, агрегират и оптимизират гъвкавостта на трансграничния клъстер, като отчитат общата разполагаемост, пазарните условия от двете страни на границата и ограниченията в промишлеността. Както при UC-BGGR-01, компонентите за прогнозиране на потреблението и цените се разработват от Университета в Патра в рамките на задачи T4.1 и T4.2, а компонентът за агрегиране на гъвкавостта на потреблението се разработва от технологичния център CARTIF.

Гръцката електроенергийна компания PPC (сертифициран доставчик на агрегирани услуги): Съгласно споразумението за безвъзмездно финансиране тя е определена за сертифициран доставчик на услуги по агрегиране, чрез който гъвкавостта на българския клъстер би участвала непряко на гръцкия балансиращ пазар, управляван от Независимия оператор на електропреносната система на Гърция, и който би оптимизирал офертите за балансиране от името на целия трансграничен клъстер.

Изпълнение на сценария на използване - UC-BGGR-02

UC-BGGR-02 се задейства, когато са налични прогнози за цените на пазарите „Ден напред“ и за цените на балансиращата енергия в България и Гърция за следващия ден на доставка. Прогнозите се изготвят от компонентите на iFAAP за прогнозиране на потреблението и цените, разработени от Университета в Патра. Въз основа на тях компонентът на iFAAP за агрегиране на гъвкавостта на потреблението, разработен от технологичния център CARTIF и изпълняващ функциите на доставчик на агрегирани услуги или действащ от негово име, оценява общия наличен ресурс за гъвкавост от двете страни на границата, пазарните условия в двете държави и производствените ограничения, съобщени от всички участващи обекти, включително планираната поддръжка и спиранията на производството. В сравнение с UC-BGGR-01 специфичен входен параметър е оставащата разполагаема междусистемна преносна способност за следващия ден, предоставена от двата оператора на преносни системи. Този параметър определя какъв обем от наличната в България гъвкавост може реално да бъде икономически оползотворен на гръцкия пазар. Въз основа на извършената оценка платформата изготвя оферти за пазарите „Ден напред“ и за балансираща енергия както в

Гърция, така и в България. Очакваният резултат е количествена оценка на сценария за трансгранична гъвкавост при спазване на производствените ограничения на промишлените обекти и мрежовите ограничения във всяка от двете системи.

ТАБЛИЦА 43: ПИЛОТЕН ОБЕКТ № 3 - UC-BGGR-02 – ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СЦЕНАРИЯ НА ИЗПОЛЗВАНЕ

Параметър	Информация за конкретния сценарий на използване
Задействащо събитие	Прогноза за цените на българския и гръцкия пазар „Ден напред“ и на балансиращата енергия.
Входни данни / променливи	Прогнози за потреблението в заводите и при технологичните процеси; определяне на характеристиките на гъвкавостта въз основа на типови модели; прогнози за пазарните цени в двете държави; данни за остатъчната разполагаема междусистемна преносна способност, предоставени от „Електроенергиен системен оператор“ и Независимия оператор на електропреносната система на Гърция; експлоатационни ограничения за следващия ден, включително дейности по поддръжка и планирани спирания, съобщени от българския клъстер чрез „Стомана“ и от HELLENiQ ENERGY.
Логика за вземане на решения	Доставчикът на услуги по агрегиране (iFAAP) оценява общата разполагаемост, пазарните условия и промишлените ограничения и определя стратегията за подаване на оферти в двете пазарни среди. Университетът в Патра изготвя прогнозите за потреблението и цените, а технологичният център CARTIF агрегира гъвкавостта на потреблението.
Очаквано действие	Изготвяне на оферти за пазара „Ден напред“ и за балансираща енергия както за гръцките, така и за българските пазари.
Очакван резултат	Оценен сценарий за трансгранична гъвкавост при спазване на производствените и мрежовите ограничения.

Системи, данни и ограничения - UC-BGGR-02

Използвани системи: Доставчикът на услуги по агрегиране / iFAAP оценява общата разполагаемост, пазарните условия и ограниченията на промишлените процеси и определя стратегията за подаване на оферти на двата пазара. Университетът в Патра изготвя прогнозите за потреблението и цените, а технологичният център CARTIF агрегира гъвкавостта на потреблението. Системите за управление на енергията Powernet и zenon в HELLENiQ; системите за управление на енергията на Schneider Electric в „Стомана“; платформата iFAAP за агрегиране и оптимизация; интерфейсите за връзка с операторите на преносни системи и пазарните платформи от двете страни на границата („Българска независима енергийна борса“ и „Електроенергиен системен оператор“ от българска страна, Гръцката енергийна борса и Независимият оператор на електропреносната система на Гърция от гръцка страна).

Използвана информация: Прогнози за потреблението в заводите и при технологичните процеси; определяне на характеристиките на гъвкавостта въз основа на типови модели; прогнози за пазарните цени в двете държави; разполагаема междусистемна преносна способност за следващия ден, обявена от двата оператора на преносни системи.

Технически и експлоатационни ограничения: Експлоатационните ограничения, приложими към съответните типови модели на гъвкавост в двете страни, са следните: за българската страна: технологичните ограничения на „Стомана“, производственият график и ограниченията, свързани с качеството, безопасността и поддръжката; за гръцката страна: непрекъснатият характер на процеса на рафиниране, ограничението на регулируемата част от електрическия

товар на екструдера до максимум 1 MBт и зависимостта на потреблението от марката на произвеждания полипропилен. Различната времева разделителна способност на данните за двете страни, съответно 15 минути за българската и един час за гръцката страна, ограничава времевата детайлност, с която могат да се определят характеристиките на трансграничното обединение.

Пазарни и регулаторни ограничения: Пазарните правила в Гърция и България; допустимостта на участието на доставчик на агрегирани услуги, тъй като гъвкавостта на българския клъстер може да получи достъп до гръцкия балансиращ пазар единствено косвено, чрез сертифициран доставчик на агрегирани услуги; осъществимостта на трансграничното балансиране, ограничена от междусистемната преносна способност, оставаща на разположение след клиринга на пазара „Ден напред".

Основен сценарий на използване - UC-BGGR-02

Задействане: За следващия ден на доставка се предоставя информация за експлоатационните ограничения на съответните типови модели на гъвкавост, включително за планираната поддръжка и спиранията, съгласно данните, предоставени от „Стомана" и HELLENiQ ENERGY (стъпка 1); разработените от Университета в Патра компоненти на iFAAP за прогнозиране на потреблението и цените изготвят прогнози за потреблението и за цените на електрическата и балансиращата енергия на двата пазара (стъпка 2); „Електроенергиен системен оператор" и Независимият оператор на електропреносната система на Гърция предоставят данни за оставащата разполагаема междусистемна преносна способност за следващия ден (стъпка 3).

Оценка: Разработеният от технологичния център CARTIF компонент на iFAAP за агрегиране на гъвкавостта на потреблението оценява общата разполагаема гъвкавост от двете страни на границата в границите на допустимите работни режими на съответните типови модели на гъвкавост, съпоставя пазарните условия в двете държави и определя какъв обем от тази гъвкавост може да бъде икономически целесъобразно използван за трансгранични цели с оглед на остатъчната разполагаема междусистемна преносна способност.

Решение: Същият компонент изготвя оптималните оферти за пазара „Ден напред" (стъпка 4) и, като отчита получените позиции, оптималните оферти за пазара на балансираща енергия (стъпка 5) както за българската, така и за гръцката страна. Участващите промишлени обекти потвърждават, че получените графици са съвместими с производствените им планове.

Активиране: Офертите се подават на съответните пазари пряко от „Стомана" в качеството ѝ на лице, отговарящо за баланса от българска страна, а от гръцка страна чрез сертифицирания доставчик на услуги по агрегиране. Получените графици се предават към промишлената система за управление на енергията на всеки обект.

Наблюдение и резултат: Двете страни измерват действителното потребление и го съпоставят с позициите по график. След това партньорите в консорциума под ръководството на Университета в Патра оценяват ключовите показатели за ефективност, определени за промишления клъстер, включително обема на трансгранично търгуваната електроенергия (стъпка 6).

3.3 Обобщен регистър на сценариите на използване

Осемте сценария за използване, разработени за трите пилотни обекта на LEONARDO, обхващат различни форми и равнища на промишлена енергийна гъвкавост. Те включват агрегиране и активиране на разпределени ресурси, работа в отговор на ценови сигнали, участие в местни и национални механизми за гъвкавост и трансгранична координация.

Трите италиански сценария за използване обхващат последователни етапи: агрегиране на промишлени товари и разпределени енергийни ресурси, възможното им използване на националния пазар за балансиране и създаване на местен пазар на гъвкавост в разпределителната зона на Електроенергийния консорциум на Сторо (CEDIS). Австрийските сценарии за използване съчетават оценка, основана на данни, с концептуални разработки и анализи по сценарии. Те разглеждат гъвкавото адаптиране на промишленото потребление към цените на пазара „Ден напред“, възможен бъдещ механизъм за гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа и условията за евентуално участие и координация на равнището на оператора на преносната система. Българо-гръцките сценарии за използване са насочени към агрегиране на големи промишлени товари и изготвяне на графици за тях съобразно пазарните условия, първоначално в рамките на България, а впоследствие между българската и гръцката пазарна зона.

Пилотен обект	Сценарий на използване и наименование	Основна насоченост	Очакван резултат
Италиански пилотен обект	**UC-IT-01 – Агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси**	Агрегиране и координация на промишлени товари и разпределени енергийни ресурси чрез платформата FLEXIA	Валидиран подход за изготвяне на графици и активиране на агрегирана енергийна гъвкавост
Италиански пилотен обект	**UC-IT-02 – Участие в националния балансиращ пазар**	Потенциално участие на агрегирани ресурси в италианския балансиращ пазар	Оценка на потенциалния принос на агрегирания портфейл за националните услуги по балансиране
Италиански пилотен обект	**UC-IT-03 – Организиране на местен пазар на гъвкавост за управление на мрежата на оператора на разпределителна система**	Местна гъвкавост за собствено потребление, интегриране на възобновяеми енергийни източници и управление на разпределителната мрежа	Симулирано функциониране на местен пазар на гъвкавост и оценка на въздействието му върху мрежата и на икономическите му ефекти
Австрийски пилотен обект	**UC-AT-01 – Проучване на различни стратегии за участие на енергийните пазари в Австрия**	Гъвкаво адаптиране на промишленото потребление към цените на електроенергията на пазара „Ден напред“ при отчитане на фотоволтаичното производство на площадката и съхранението на енергия	Подходящи стратегии за работа и количествено оценени потенциални ползи за промишлените обекти
Австрийски пилотен обект	**UC-AT-02 – Структура на пазар на гъвкавост на**	Потенциален принос на промишлената енергийна гъвкавост към евентуален бъдещ механизъм	Предложен механизъм на равнище оператор на разпределителна система за

	равнище разпределителна мрежа	за гъвкавост на равнище разпределителна мрежа	съгласуване на бъдещите потребности на мрежата с промишлената енергийна гъвкавост
Австрийски пилотен обект	**UC-AT-03 – Координация на гъвкавостта между различни равнища**	Условия за потенциално участие на равнище оператор на преносна система и за координация с възможното използване на равнище оператор на разпределителна система	Оценка на възможностите за участие и координация на промишлената енергийна гъвкавост
Българо-гръцки пилотен обект	**UC-BGGR-01 – Агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България**	Агрегиране и изготвяне на графици за предоставяне на промишлена енергийна гъвкавост в рамките на България съобразно пазарните условия	Валидиран подход за агрегиране и подаване на оферти на българския пазар на едро и балансиращия пазар
Българо-гръцки пилотен обект	**UC-BGGR-02 – Трансгранично агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост между България и Гърция**	Трансгранично агрегиране на българска и гръцка промишлена енергийна гъвкавост	Оценка на трансграничното агрегиране и на възможностите за оползотворяване на гъвкавостта на различни пазари

Обобщеният регистър показва, че сценариите за използване по проекта LEONARDO обхващат последователни етапи от идентифицирането и агрегирането на енергийната гъвкавост в промишлеността до потенциалното ѝ използване за работа в режим, съобразен с ценовите сигнали, за подпомагане на функционирането на мрежата и за участие на национални или трансгранични енергийни пазари.

4 Рамка за оценка на резултатите и ключови показатели за ефективност

Настоящата глава представя разработената за трите пилотни обекта по проекта LEONARDO рамка за оценка на резултатите и ключовите показатели за ефективност. Рамката обвързва целите и очакваните резултати от сценариите за използване на всеки пилотен обект с измерими показатели и установява единна структура за последващото им наблюдение и оценка.

Ключовите показатели за ефективност бяха определени за всеки пилотен обект и сценарий на използване, за да се отчетат различните технически, експлоатационни, пазарни и икономически условия, разглеждани в отделните сценарии. Същевременно при определянето им във всички пилотни обекти беше приложен хармонизиран подход с цел осигуряване на съгласуваност и съпоставимост. В съответствие с определения обхват на рамката за оценка наборът от ключови показатели за ефективност обхваща технически, екологични, икономически и социални аспекти, доколкото са приложими към съответните сценарии на използване.

4.1 Подход за оценка и структура на рамката

Определянето на ключовите показатели за ефективност бе заложено в общия шаблон за моделиране на сценарии на използване. Това позволи показателите да се разработват успоредно с подробната спецификация на всеки сценарий на използване и осигури ясна връзка на всеки показател със съответния пилотен обект и сценарий.

При определяне на подходящите показатели за всеки сценарий на използване са отчетени установените цели, очакваните резултати, условията на експлоатация и приложимите ограничения. Шаблонът предвижда единна структура за документиране на категорията, определението, мерната единица и метода за измерване или изчисляване на всеки ключов показател за ефективност. По този начин показателите се описват в единен формат, като съдържанието им отразява специфичните характеристики на съответния сценарий на използване.

Изготвената рамка съчетава хармонизирана методология с набори от ключови показатели за ефективност, съобразени с конкретните пилотни обекти. Тя осигурява единен подход към оценяването в рамките на проекта LEONARDO, като същевременно запазва специфичната насоченост на отделните сценарии на използване и пилотни обекти.

4.2 Регистър на ключовите показатели за ефективност и параметри за наблюдение

Настоящият раздел съдържа регистъра на ключовите показатели за ефективност, изготвен за трите пилотни обекта и съответните им сценарии на използване. За всеки показател ще бъдат документирани категорията, определението, мерната единица и методът за измерване или изчисляване, както и съответните параметри за наблюдение, налични на настоящия етап от проекта.

4.2.1 Пилотен обект № 1: Италиански пилотен обект

Общ преглед на ключовите показатели за ефективност на пилотния обект – PS#1

За систематична оценка на резултатите от функционирането на платформата за агрегиране, разработена в италианския демонстрационен обект, както и за количествена оценка на ползите от симулираните решения за гъвкавост в различни аспекти на национално и местно равнище беше разработен набор от ключови показатели за ефективност, съобразен с трите основни сценария на използване.

При първия сценарий на използване, който се отнася до агрегиране на гъвкавост от разпределени промишлени товари и енергийни ресурси, оценката е съсредоточена върху способността на платформата да формира и управлява надеждна съвкупност от агрегирани ресурси за гъвкавост. Съответно избраните ключови показатели за ефективност обхващат, от една страна, мащаба на агрегирания ресурс, определян въз основа на разполагаемата мощност и годишния обем енергия, който може да бъде активиран, поотделно за гъвкавост при регулиране нагоре и надолу, а от друга страна, качеството на функциониране на платформата, оценявано според дела на успешните активирания и средното време за достигане на новата коригирана зададена стойност след постъпване на заявка за предоставяне на гъвкавост. При изчисленията следва надлежно да се отчитат специфичните експлоатационни ограничения на отделните съоръжения, включително изискванията за непрекъснатост на процесите, температурните прагове, границите за безопасност и допустимите граници на степента на зареждане на батерийните системи за съхранение на енергия и електрическите превозни средства, както и данните от дневника на симулираните активирания. В своята съвкупност тези показатели позволяват да се определи както количеството гъвкавост, което може да бъде предоставено, така и ефективността, с която платформата може да координира предоставянето му на практика. И двете са съществени предпоставки за предоставянето на последващи пазарни услуги или услуги в подкрепа на мрежата.

При втория сценарий на използване ключовите показатели за ефективност служат за оценка на ползите от агрегираните ресурси за гъвкавост при балансирането на национално равнище и обхващат три взаимно допълващи се аспекта: въздействието върху мрежата, оценявано чрез ограничаването на върховото потребление и увеличаването на потреблението в часовете с ниско натоварване, които показват способността на платформата да променя товаровия профил в отговор на заявки от балансиращия пазар; икономическите ползи, определяни чрез симулация на участието в механизмите на италианския оператор на електропреносната система Terna за осигуряване на разполагаема мощност и в регулирането на мощността на балансиращия пазар; и екологичните ползи, изразени като предотвратени емисии в еквивалент на въглероден диоксид в сравнение с конвенционалните газови електроцентрали за покриване на върховото натоварване, които в противен случай биха предоставяли услуги по балансиране. Тези показатели са избрани, за да може сценарият на използване да бъде оценен както по технически критерии, така и с оглед на способността му да носи икономически ползи и да допринася за декарбонизацията.

При третия сценарий на използване, свързан с местните пазари на гъвкавост за управление на мрежата от оператора на разпределителната система, ключовите показатели за ефективност

са съобразени с местния характер на услугата. Показателите за въздействие върху мрежата отчитат намаляването на местното претоварване, предизвикано от излишък от производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници, както и увеличаването на собственото потребление чрез намаляване на вноса на електроенергия от външната мрежа. Показателите за икономическо въздействие оценяват както икономическите ползи, които CEDIS може да реализира чрез ефективно използване на местните ресурси и намаляване на зависимостта си от покупки на пазара на едро, така и приходите, които отделните промишлени потребители, участващи в местния пазар на гъвкавост на CEDIS, получават като възнаграждения за разполагаемост и активиране. По този начин показателите за сценария на използване UC3 отразяват физическите и икономическите ползи от използването на местната гъвкавост, като отчитат перспективата както на оператора на разпределителната система, така и на участващите потребители.

Таблица 44: Пилотен обект № 1 – регистър на ключовите показатели за ефективност

Категория на ключовия показател за ефективност	Ключов показател за ефективност	Свързани сценарии на използване	Метод на измерване / изчисление	Параметри за наблюдение / статус
Показатели за гъвкавост	Агрегирана мощност за осигуряване на гъвкавост (разполагаемост), за регулиране нагоре и надолу [MВт]	UC-IT-01	За всеки ресурс за гъвкавост се определя разликата между максималната (съответно минималната) и номиналната му мощност. Тази разлика се претегля с коригиращи коефициенти, които отчитат ограниченията на съответния ресурс с цел осигуряване на надеждна оценка. Агрегираната мощност за осигуряване на гъвкавост се изчислява като сбор от приносите на отделните ресурси, поотделно за регулиране нагоре и за регулиране надолу.	Ограничения, приложими към отделните ресурси: непрекъснатост на процесите, температурни граници, безопасност на работниците, оставащо количество енергия за зареждане/разреждане (определяно като количеството енергия, което батерията, включително батерията на електрическо превозно средство, може да поеме до пълното си зареждане или да отдаде до достигане на минималното ниво на заряд) и други.
Показатели за гъвкавост	Агрегиран обем на енергията за осигуряване на гъвкавост (активиране) при регулиране нагоре и надолу [MВтч/год.]	UC-IT-01	За всеки ресурс за гъвкавост се определя обемът енергия, който може да бъде изместен във времето в рамките на една година, като се отчитат мощността за осигуряване на гъвкавост и оценената продължителност в часове на периода на активиране. Общият обем енергия за осигуряване на гъвкавост се изчислява като сбор от приноса на всеки отделен ресурс, поотделно за регулиране нагоре и за регулиране надолу.	Времеви интервали за активиране на отделните ресурси през годината
Експлоатационни показатели	Дял на успешните активирания от общия брой заявки [%]	UC-IT-01	Броят на 15-минутните интервали, през които платформата FLEXIA е получила успешен отговор от ресурсите,	Дневник на симулираните активирания

			съотнесен към общия брой 15-минутни интервали, за които е подадена заявка за предоставяне на гъвкавост. В програмите за гъвкавост 15-минутният интервал обичайно се използва като „период на сетълмент“.	
Експлоатационни показатели	Средна продължителност на цикъла (от активиране на гъвкавостта до достигане на нова коригирана зададена стойност) [мин]	UC-IT-01	Средно време от активиране на гъвкавостта до получаване на потвърждение за успешен отклик, към което се добавя симулираното време за повишаване или понижаване на мощността до новата коригирана зададена стойност.	Дневник на симулираните активирания; характеристики на повишаването и понижаването на мощността за отделните ресурси
Въздействие върху мрежата	Ограничаване на върховото потребление и увеличаване на потреблението в часовете на ниско натоварване [МВт]	UC-IT-02	Максимално намаление / увеличение на потреблението, определено чрез симулация, при заявка от пазара на диспечерски услуги във връзка с върхово / ниско натоварване	Дневник на симулираните активирания; изискванията на италианския оператор на електропреносната система Terna за бързо активиране, които следва да бъдат изпълнени; текущи обеми на заявките на пазара на диспечерски услуги
Икономическо въздействие	Симулирани приходи от пазара на диспечерски услуги / виртуални единици, допуснати до участие (€/год.)	UC-IT-02	Симулирани приходи от годишно участие в механизма на Terna за виртуални единици, допуснати до участие (разполагаемост), и на пазара на диспечерски услуги на оператора на енергийните пазари в Италия в полза на Terna (активиране: енергиен обем при регулиране на мощността)	Дневник на симулираните активирания; изискванията на Terna за бързо активиране, които следва да бъдат изпълнени; текущи обеми и цени на заявките на пазара на диспечерски услуги; текущо възнаграждение за разполагаемост за виртуалните единици, допуснати до участие
Въздействие върху околната среда	Оценено намаление на емисиите от газови електроцентрали за покриване на върховото натоварване, използвани за балансиране (т CO_2 екв./год.)	UC-IT-02	Предотвратени емисии на въглероден диоксид, определени чрез симулация на участие в балансирането на националната мрежа чрез заместване на конвенционален газов енергоблок (емисионен фактор: 380 г CO_2 екв./кВтч; източник: Италиански институт за опазване и изследване на околната среда, „Електроенергиен сектор: емисии на въглероден диоксид и други въздействия“, 2026 г.)	Дневник на симулираните активирания; изискванията на италианския оператор на електропреносната система Terna за бързо активиране, които следва да бъдат изпълнени; текущи обеми на заявките на пазара на диспечерски услуги
Въздействие върху мрежата	Намаляване на местното претоварване, причинено от производството от възобновяеми	UC-IT-03	Намаление на максималния обратен поток на мощност през годината от мрежата на CEDIS към външната мрежа, определено чрез симулация, вследствие на активиране на гъвкавост за регулиране надолу	Дневник на симулираните активирания; прогнозни потоци на мощност в мрежата

	енергийни източници [МВт]		в периоди на високо местно производство от възобновяеми енергийни източници	
Въздействие върху мрежата	Намаление на вноса от външната мрежа (увеличение на собственото потребление) [МВтч/год.]	UC-IT-03	Намаление на годишния обем електроенергия, внасяна от външната мрежа (закупена на пазара на едро), определено чрез симулация, и съответното увеличение на годишното собствено потребление вследствие на активирането на гъвкавост	Дневник на симулираните активирания; прогнозни потоци на мощност в мрежата
Икономическо въздействие	Приходи за CEDIS от собствено потребление [€/год.]	UC-IT-03	Симулирана икономическа оценка на увеличеното собствено потребление: маржът от местното потребление (спрямо търговията на пазара на едро в периодите на върхово производство) плюс икономиите от намалените покупки на пазара на едро	Дневник на симулираните активирания; прогнозни потоци на мощност в мрежата; текущи цени на пазара на едро на оператора на енергийните пазари в Италия
Икономическо въздействие	Сумарни приходи за промишлените потребители [€/год.]	UC-IT-03	Симулирани приходи за промишлените потребители от участие в местния пазар на гъвкавост на CEDIS: приходи от разполагаемост (€/МВт предложена мощност за осигуряване на гъвкавост) плюс приходи от активиране (€/МВтч енергия, изместена във времето спрямо предварително определена базова линия)	Дневник на симулираните активирания; възнаграждения за разполагаемост и за активиране в икономически приемлив размер

4.2.2 Пилотен обект № 2: Австрийски пилотен обект

Общ преглед на ключовите показатели за ефективност на пилотния обект – PS#2

Наборът от ключови показатели за ефективност, разработен за пилотния обект в Австрия, отразява различните цели и степени на зрялост на трите сценария за използване. Показателите обхващат икономическото оползотворяване на промишлената енергийна гъвкавост в зависимост от динамичните цени на пазара „Ден напред“, потенциалния ѝ принос към евентуален бъдещ пазар за гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа, както и пригодността на гъвкавостта и координираното ѝ разпределение между механизми на равнището на операторите на разпределителни и преносни системи.

За UC-AT-01 ключовите показатели за ефективност отразяват икономическите и енергийните ефекти от пренасочването на гъвкавото промишлено потребление към по-благоприятни периоди. Основният показател е потенциалното намаление на разходите за електроенергия в сравнение с референтния режим на работа. Допълнителните показатели обхващат увеличаването на собственото потребление на електроенергия от фотоволтаични източници и обема на гъвкавото потребление, който може да бъде пренасочен към периоди с по-ниски

цени на електроенергията или с по-голяма наличност на електроенергия, произведена от фотоволтаични инсталации на площадката.

Ключовите показатели за ефективност за UC-AT-02 оценяват възможностите за използване на промишлената енергийна гъвкавост на евентуален бъдещ пазар на гъвкавост на равнището на разпределителната мрежа. Тъй като понастоящем в Австрия не съществува такъв пазар и липсват реални заявки от оператор на разпределителна система, както и данни за мрежовите ограничения по конкретни обекти, показателите ще се оценяват въз основа на представителни сценарии. С тях се измерват промишлената енергийна гъвкавост, която потенциално може да се използва на равнището на разпределителната мрежа, нейната разполагаемост при възникване на хипотетична потребност от гъвкавост и делът от тази потребност, който би могъл да бъде удовлетворен.

За UC-AT-03 ключовите показатели за ефективност служат за оценка дали наличната промишлена енергийна гъвкавост отговаря на установените изисквания за използването ѝ на равнището на оператор на разпределителна система, на оператор на преносна система или и на двете равнища. Втори показател оценява дали гъвкавостта, която потенциално може да се използва и на двете равнища, може да бъде разпределена между тях, без един и същ ресурс да бъде ангажиран два пъти и без да се нарушават ограниченията на промишлените процеси. Показателите се основават на съпоставка между характеристиките на гъвкавостта на пилотните обекти и съответните изисквания, определени въз основа на проучване, обмен на знания и разработване на сценарии. Те не измерват действителното участие на пазарите на равнището на операторите на разпределителни или преносни системи.

Ключовите показатели за ефективност се определят поотделно за всеки сценарий на използване, тъй като всеки от тях има самостоятелна цел на оценката. Показателите обаче се основават на общ набор от основни параметри за наблюдение, включително потреблението на електроенергия в промишлените обекти, условията на протичане на процесите, разполагаемата мощност и количеството енергия за осигуряване на гъвкавост, продължителността на предоставяната гъвкавост, производството на електроенергия от фотоволтаични източници и данните за съхранението на енергия. Базовите линии, представителните сценарии и периодите на наблюдение ще бъдат уточнени допълнително при подготовката на пилотните обекти и провеждането на наблюдението за определяне на базовата линия.

Таблица 45: Пилотен обект № 2 – регистър на ключовите показатели за ефективност

Категория на ключовия показател за ефективност	**Ключов показател за ефективност**	**Свързани сценарии на използване**	**Метод на измерване / изчисление**	**Параметри за наблюдение / статус**
Икономическо въздействие	**Потенциал за намаляване на разходите за електроенергия** – Потенциално намаление на разходите за електроенергия чрез оптимизирано използване на промишлената енергийна гъвкавост. Мерна единица: % / евро	UC-AT-01	Съпоставяне на разходите за електроенергия при референтния и оптимизирания товаров профил с използване на едни и същи цени на пазара „Ден напред“.	Необходими са товарови профили и цени на пазара „Ден напред“.

Показатели за гъвкавост	**Гъвкав товар, изместен към благоприятни периоди** – Гъвкаво потребление, за което е установена възможност за изместване към периоди с по-ниски цени и/или по-голяма наличност на фотоволтаична електроенергия. **Мерна единица: % / кВтч**	UC-AT-01	Обем и дял на гъвкавото потребление спрямо референтния режим на работа.	Необходими са товарови профили, информация за цените или за фотоволтаичното производство и данни за ограниченията при предоставяне на гъвкавост.
Показатели за гъвкавост	**Потенциал на промишлената енергийна гъвкавост за използване на равнище разпределителна мрежа** – Мощност и обем енергия за осигуряване на гъвкавост, потенциално разполагаеми за евентуален бъдещ пазар на равнище оператор на разпределителна система. **Мерна единица: кВт / кВтч**	UC-AT-02	Определяне на мощността и обема енергия за осигуряване на гъвкавост, чието предоставяне е технически и експлоатационно осъществимо.	Необходими са данни за промишления товар, продължителността на предоставяната гъвкавост и технологичните ограничения.
Потенциал за подпомагане на работата на мрежата	**Потенциален принос за удовлетворяване на предполагаеми потребности от гъвкавост на равнище разпределителна мрежа** – Дял от предполагаема потребност от гъвкавост, който би могъл да бъде удовлетворен. **Мерна единица: %**	UC-AT-02	Разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост, разделена на предполагаемата потребност от гъвкавост.	Необходими са данни за представителна потребност от гъвкавост и за разполагаемата промишлена енергийна гъвкавост.
Пригодност на гъвкавостта	**Пригодност на промишлената енергийна гъвкавост за участие на равнище оператор на преносна система** – Оценка дали установената промишлена енергийна гъвкавост би могла да отговори на приложимите технически и експлоатационни изисквания и на изискванията за достъп до пазара за избрани услуги за гъвкавост на равнище оператор на преносна система. **Мерна единица: качествена оценка / % при възможност за количествено определяне**	UC-AT-03	Съпоставяне на установената промишлена енергийна гъвкавост и условията за участие с изискванията за избрани услуги за гъвкавост на равнище оператор на преносна система.	Необходима е информация за характеристиките на промишлената енергийна гъвкавост и приложимите технически и регулаторни изисквания, както и за изискванията за агрегиране и достъп до пазара.

4.2.3 Пилотен обект № 3: Българо-гръцки пилотен обект

Общ преглед на ключовите показатели за ефективност на пилотния обект – PS#3

Наборът от ключови показатели за ефективност за българо-гръцкия пилотен обект обхваща две взаимно допълващи се равнища. Първото е равнището на сценариите за използване и произтича пряко от целите и очакваните резултати за UC-BGGR-01 и UC-BGGR-02, посочени в раздел 3.2.3. То включва икономически показател, показател за гъвкавост и показател за въздействието върху системата. Първите два са общи за двата сценария, тъй като и при двата се преследва една и съща икономическа цел чрез един и същ механизъм за изместване на потреблението във времето. Третият се прилага само за UC-BGGR-02, тъй като трансграничният обмен на електроенергия няма аналог при конфигурацията в рамките на една държава.

Второто равнище включва показателите на проектно равнище, по които пилотният обект се оценява по програма LIFE: икономии на първична и крайна енергия, производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници, намаляване на емисиите на парникови газове и кумулативен размер на инвестициите в устойчива енергия. Показателите се отнасят до пилотния обект като цяло, а не до отделен сценарий на използване. Те се изчисляват общо за двата промишлени обекта, като стойностите им се разпределят между „Стомана“ и HELLENiQ съобразно отчетеното базово потребление на електроенергия от мрежата за всеки от тях.

Тъй като нито вътрешният, нито трансграничният агрегат понастоящем функционират като субект, подаващ оферти, всички ключови показатели за ефективност (KPI) за съответните сценарии на използване ще бъдат оценени чрез сравняване на оптимизирания агрегиран график с базов сценарий, отразяващ обичайния начин на работа. Този базов сценарий все още не е наличен: той ще бъде установен по време на подготовката на пилотния проект и мониторинга на базовите данни в рамките на задача T5.1, а самата оценка ще бъде извършена в задача T5.4. В съответствие с работния процес, определен за двата сценария на използване в раздел 3.2.3, оценката на тези показатели се извършва от партньорите в консорциума под ръководството на UPAT. Поради това, изброените по-долу параметри за мониторинг правят разграничение между информацията, която вече е налична от пилотното проучване, и елементите, които тепърва предстои да бъдат дефинирани.

Таблица 46: Пилотен обект № 3 – регистър на ключовите показатели за ефективност

Категория на ключовия показател за ефективност	Ключов показател за ефективност	Свързани сценарии на използване	Метод на измерване / изчисление	Параметри за наблюдение / статус
Икономическо въздействие	Намаление на общите разходи за електроенергия (енергия и балансиране) на промишления клъстер [%]	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Разлика между общите разходи на агрегирания клъстер за електроенергия на пазара „Ден напред“ и за балансираща енергия при оптимизираната стратегия за подаване на оферти и съответните разходи по базовата линия при обичайния режим на работа, изразена като процент от разходите по базовата линия.	Налични данни: измерено потребление с 15-минутна времева разделителна способност („Стомана“, „София Мед“ и ETEM Гестамп) и часова времева разделителна способност (HELLENiQ); пазарни цени на „Българска независима енергийна борса“ и „Електроенергиен системен оператор“, както и цени на Гръцката енергийна борса и Независимия оператор на електропреносната система на Гърция за UC-BGGR-02. Предстои да се определи: базовата линия при обичайния режим на работа (T5.1).
Показатели за гъвкавост	Обем на изместеното във времето	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Обем енергия, изместен във времето спрямо базовия профил на потреблението, изчислен въз основа на	Налични данни: измерени профили и области на допустимите режими на работа за всеки типов модел на

	потребление [MBтч]		измерените профили на участващите ресурси за периода на оценяване. Правилото за агрегиране на резултатите от отделните ресурси предстои да бъде определено в T2.4 и приложено в T5.4.	гъвкавост. Предстои да бъде определена валидираната мощност за предоставяне на гъвкавост за всеки ресурс, като валидирането ѝ изисква потвърждение на технологичните ограничения от пилотните обекти.
Въздействие върху системата	Обем на трансгранично търгуваната електроенергия [MBтч]	UC-BGGR-02	Обем електроенергия, включен в графиците за обмен по междусистемната връзка между България и Гърция вследствие на офертите за трансгранична гъвкавост, сумиран за периода на оценяване.	Предстои да се определят: стойностите на оставащата разполагаема междусистемна преносна способност, които следва да бъдат предоставени от „Електроенергиен системен оператор“ и Независимия оператор на електропреносната система на Гърция; правилото за отнасяне на резултатите при имплицитно трансгранично участие чрез сертифициран доставчик на агрегирани услуги.
Енергийна ефективност (проектен ключов показател за ефективност 2)	Икономии на крайна енергия [MBтч/год.]	Равнище на пилотния обект (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Подход „отдолу нагоре“ съгласно насоките на Европейската изпълнителна агенция за климата, инфраструктурата и околната среда, основан на измереното и/или оцененото потребление на електроенергия от мрежата преди и след внедряването. Целева стойност: 8 500 MBтч/год. по време на изпълнението на проекта спрямо потребление преди проекта от 850 000 MBтч/год. („Стомана“: 540 000 MBтч/год.; HELLENiQ: 310 000 MBтч/год.) и 25 500 MBтч/год. през петте години след приключването му.	Предстои да се определят базовите измервания в T5.1. Следва да се отбележи разминаването между тези базови стойности и годишното потребление, докладвано в проучването на пилотния обект (раздел 2.2.3), което следва да бъде изяснено с двата обекта.
Енергийна ефективност (проектен ключов показател за ефективност 1)	Икономии на първична енергия [MBтч/год.]	Равнище на пилотния обект (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Икономиите на крайна енергия, умножени по стандартния коефициент на първичната енергия 1,9. Стойността в проектното предложение е 17 000 MBтч/год., коригирана на 16 150 MBтч/год. за съгласуване с икономиите на	Извежда се от проектния ключов показател за ефективност 2; не е необходимо отделно наблюдение.

			крайна енергия; стойността в проектното предложение за петте години след приключването на проекта е 51 000 МВтч/год. и все още не е коригирана.	
Въздействие върху околната среда (проектен ключов показател за ефективност 4)	Намаление на емисиите на парникови газове [т CO_2 екв./год.]	Равнище на пилотния обект (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Намалението на потреблението на електроенергия от мрежата, умножено по националния емисионен фактор (България: 0,508 или 0,540; Гърция: 0,412 или 0,502 т CO_2 екв./МВтч). Целева стойност: 4 413 т CO_2 екв./год. по време на проекта и 13 239 т CO_2 екв./год. през петте години след приключването на проекта.	Предстои да се определят: разпределението на икономията от 8 500 МВтч/год. между българския и гръцкия обект, от което зависят приложимите емисионни фактори, и изборът между двете стойности на фактора за всяка държава.
Въздействие върху околната среда (проектен ключов показател за ефективност 3)	Производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници [МВтч/год.]	Равнище на пилотния обект (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Пряко измерване на производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници на площадката. Целева стойност: 0 МВтч/год. както по време на проекта, така и през петте години след приключването му.	Не е докладвано производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници на площадката на нито един от двата обекта (раздел 2.2.3); не е необходима инфраструктура за наблюдение.
Инвестиции (проектен ключов показател за ефективност 5)	Натрупани инвестиции в устойчива енергия [€]	Равнище на пилотния обект (UC-BGGR-01, UC-BGGR-02)	Пряко измерване на инвестициите в производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници и в електроенергийна гъвкавост (производство, батерии, наблюдение и управление). Стойността в проектното предложение е 0 както по време на проекта, така и през петте години след приключването му.	Следва да се потвърди с двата промишлени обекта.

4.3 Обобщена рамка за оценка на резултатите

Рамката за оценка на резултатите систематизира ключовите показатели за ефективност, определени за осемте сценария за приложение в трите пилотни обекта по проекта LEONARDO. Показателите обхващат основните технически, експлоатационни, мрежови, икономически, екологични и енергийни аспекти на енергийната гъвкавост в промишлеността и отразяват различните цели и конфигурации на отделните пилотни обекти.

В обобщаващия преглед ключовите показатели за ефективност са групирани по категории за оценка и са обвързани със съответните пилотни обекти и сценарии на използване. Така се очертават общите направления на оценяване в рамките на проекта LEONARDO, като същевременно се запазват показателите, специфични за отделните пилотни обекти, необходими за оценката на различните ресурси за гъвкавост, пазарни механизми и системни равнища. Подробните определения, методите за изчисляване и параметрите за наблюдение са изложени в съответните раздели, посветени на ключовите показатели за ефективност на пилотните обекти.

ТАБЛИЦА 47: ОБОБЩЕН ПРЕГЛЕД НА КЛЮЧОВИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА ЕФЕКТИВНОСТ

Категория на ключовия показател за ефективност	Пилотен обект	Свързани сценарии на използване	Ключови показатели за ефективност
Показатели за гъвкавост	Италия	UC-IT-01	Агрегирана мощност за осигуряване на гъвкавост [МВт]; агрегиран обем енергия за осигуряване на гъвкавост
	Австрия	UC-AT-01, UC-AT-02	Гъвкав товар, изместен към благоприятни периоди [% / кВтч]; потенциал на промишлената енергийна гъвкавост за използване на равнище разпределителна мрежа [кВт / кВтч]
	България–Гърция	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Обем на изместеното във времето потребление [МВтч]
Експлоатационни показатели	Италия	UC-IT-01	Дял на успешните активирания от общия брой заявки [%]; средна продължителност на цикъла [мин]
Въздействие върху мрежата и системата	Италия	UC-IT-02, UC-IT-03	Ограничаване на върховото потребление и увеличаване на потреблението в часовете на ниско натоварване [МВт]; намаляване на местното претоварване, причинено от производството от възобновяеми енергийни източници [МВт]; намаление на вноса от външната мрежа [МВтч/год.]
	Австрия	UC-AT-02	Потенциален принос за удовлетворяване на предполагаеми потребности от гъвкавост на равнище разпределителна мрежа [%]
	България–Гърция	UC-BGGR-02	Обем на трансгранично търгуваната електроенергия [МВтч]
Пригодност на гъвкавостта	Австрия	UC-AT-03	Пригодност на промишлената енергийна гъвкавост за участие на равнище оператор на преносна система [качествена оценка / % при възможност за количествено определяне]
Икономическо въздействие	Италия	UC-IT-02, UC-IT-03	Симулирани приходи от пазара на диспечерски услуги / виртуални единици, допуснати до участие [евро/год.]; приходи за CEDIS от собствено потребление [евро/год.]; сумарни приходи за промишлените потребители [евро/год.]
	Австрия	UC-AT-01	Потенциал за намаляване на разходите за електроенергия [% / евро]

	България–Гърция	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Намаление на общите разходи за електроенергия на промишления клъстер [%]
Енергийна ефективност	България–Гърция	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Икономии на крайна енергия [MBтч/год.]; икономии на първична енергия [MBтч/год.]
Въздействие върху околната среда	Италия	UC-IT-02	Оценено намаление на емисиите от газови електроцентрали, използвани за балансиране [т CO_2 екв./год.]
	България–Гърция	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Намаление на емисиите на парникови газове [т CO_2 екв./год.]; производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници [MBтч/год.]
Инвестиции	България–Гърция	UC-BGGR-01, UC-BGGR-02	Натрупани инвестиции в устойчива енергия [евро]

Обобщената рамка на ключовите показатели за ефективност служи за определяне на необходимите изходни стойности и параметри за наблюдение при подготовката на пилотните обекти, за проследяване на изпълнението на сценариите за използване и за оценка на резултатите от тях. Резултатите от оценката ще послужат за съпоставяне на постигнатите резултати или на резултатите, получени въз основа на сценарии, с целите, определени за всеки пилотен обект и сценарий за използване.

5 Проследимост и използване на резултатите от D2.2

Настоящата глава разглежда взаимовръзките между основните резултати, представени в D2.2, и начина, по който те служат като входни данни за последващите дейности по проекта. Тя осигурява проследимост от характеристиките на пилотните обекти и описите на ресурсите за гъвкавост през определените сценарии за използване до съответните ключови показатели за ефективност и изисквания за наблюдение. В нея се разяснява също как тези резултати подпомагат разработването на техническата архитектура и алгоритмите, управлението на данните, подготовката на пилотните обекти, интегрирането, изпитването и оценката на резултатите по проекта LEONARDO.

5.1 Използване на резултатите в T2.5 – Технически изисквания и проект на системната архитектура

Анализите на пилотните обекти, спецификациите на сценариите за използване и рамката за ключовите показатели за ефективност предоставят необходимите за разработването на архитектурата на платформата за активиране и агрегиране на промишлена енергийна гъвкавост (iFAAP) и на пътната карта за интеграция в рамките на T2.5 входни данни за всеки пилотен обект. Заедно с изискванията на заинтересованите страни, установени в T2.1, тези резултати служат за формулиране въз основа на оперативните потребности на трите пилотни обекта на функционални, технически и информационни изисквания, както и на изисквания за внедряване.

При проучванията на пилотните обекти се установяват системите и ресурсите, които следва да бъдат представени или свързани, включително промишлените системи за наблюдение и управление, системите за управление на енергията, технологиите за производство и съхранение на енергия, гъвкавото промишлено оборудване, източниците на данни и наличните интерфейси. В проучванията се описват и съответните ограничения, свързани с наличността на данни, оперативната съвместимост, експлоатацията на промишлените обекти, непрекъснатостта на процесите и възможностите за управление. Тази информация служи за определяне на границите на системата, връзките за обмен на данни и изискванията за интеграция, специфични за отделните пилотни обекти.

Спецификациите на сценариите за използване описват предвидените работни процеси и взаимодействия между промишленото оборудване, системите за управление и наблюдение, компонентите на iFAAP и съответните участници на енергийните пазари или в управлението на мрежата. Посочените в тях последователности на изпълнение, входни променливи, очаквани действия и обмен на информация служат за основа при разработването на функционалните изгледи и диаграмите на последователността в рамките на T2.5. Разграничението между сценариите за използване, изпълнявани в експлоатационни условия, симулираните сценарии и сценариите, оценявани чрез анализ на сценарии, показва също кои функции и интерфейси са необходими за всяка пилотна конфигурация.

Рамката за ключовите показатели за ефективност допълва тази входна информация, като определя данните от наблюдението, необходими за оценка на сценариите за използване. Тя служи за конкретизиране на измерванията, изчисляваните резултати и информационните потоци, които следва да бъдат осигурени за последващото наблюдение и оценка на резултатите.

В рамките на T2.5 тази входна информация ще бъде обобщена и отразена в цялостната архитектура на iFAAP. Изготвеният проект на системната архитектура ще определи необходимите компоненти, интерфейси, механизми за оперативна съвместимост и изгледи на внедряването, съобразени с особеностите на пилотните обекти. Впоследствие пътната карта за интеграция ще определя насоките за дейностите по координирано управление и разработване на прототипи в рамките на T5.2 и за конфигурирането и внедряването в отделните пилотни обекти в рамките на T5.3.

5.2 Използване на резултатите в работен пакет 3 – Управление на данни и събиране на данни

Резултатите от проучванията на пилотните обекти и от моделирането на сценарии за използване за всеки от тях служат като пряка основа за дейностите по управление и събиране на данни и осигуряване на оперативна съвместимост в рамките на работен пакет 3. Проучванията установяват наличните енергийни ресурси на всеки пилотен обект, включително системите за производство и съхранение на енергия и ресурсите за гъвкавост, както и съответните характеристики на промишлените процеси и свързаните с тях източници на данни. Тази информация позволява да се определят разнородните източници на данни, до които е необходимо да се осигури достъп и чиито данни трябва да бъдат събрани и интегрирани в инфраструктурата за данни на проекта LEONARDO.

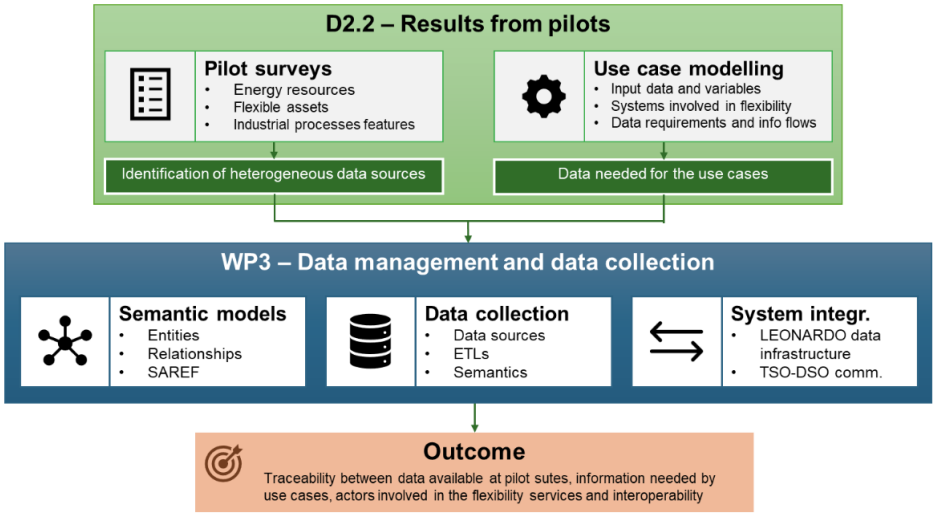
Спецификациите на сценариите за използване допълват тази информация, като посочват данните, необходими за предоставянето на гъвкавост при всеки сценарий. По-конкретно те определят основните входни данни и променливи, системите, участващи в предоставянето на услуги за гъвкавост и информационните потоци между тези системи.

В рамките на T3.1 тази входна информация служи за определяне и адаптиране на общите семантични модели, като позволява да бъдат установени основните същности, които следва да бъдат представени. Ресурсите, процесите, измерванията и обменът на информация, определени за пилотните обекти и сценариите за използване, са основа за дефиниране на съответните понятия и отношения. Когато е приложимо, те се съгласуват с референтната онтология за интелигентни приложения (SAREF) и нейните разширения с цел осигуряване на съгласувано представяне на разнородните данни от пилотните обекти в рамката на LEONARDO за семантична оперативна съвместимост.

В рамките на T3.2 информацията за наличните източници на данни, комуникационните интерфейси и характеристиките на данните служи за определяне на необходимите механизми за събиране и семантична интеграция на данните. Интерфейсите и източниците на данни, установени при проучванията на пилотните обекти, служат за конфигуриране на необходимите конектори за пакетни и поточни данни и на процесите за извличане, преобразуване и зареждане на данни (ETL). Същевременно изискванията към данните, определени в сценариите за използване, обуславят преобразуването на събраните данни и семантичното им съпоставяне с общото представяне на данните в LEONARDO.

Накрая, системите, участниците и обменът на информация, посочени в сценариите за използване, са от значение и за T3.3, по-специално за интегрирането на инфраструктурата за данни на LEONARDO със съществуващите промишлени и енергийни системи и за взаимодействието ѝ с външни участници. Това включва заварените системи за управление на енергията и съответните интерфейси за взаимодействие с операторите на преносни системи, операторите на разпределителни системи и пазарите. Като цяло D2.2 установява връзката

между данните, налични в пилотните обекти, информацията, необходима за изпълнението на сценариите за използване, участниците в услугите за гъвкавост и механизмите за оперативна съвместимост и системна интеграция, разглеждани в работен пакет 3.



ФИГУРА 4: ПРЕГЛЕД НА ВРЪЗКИТЕ МЕЖДУ РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ D2.2 И РАБОТЕН ПАКЕТ 3

5.3 Използване на резултатите в работен пакет 4 – Алгоритми и услуги

В настоящия раздел се разглежда как определените сценарии за използване и свързаните с тях изисквания на пилотните обекти осигуряват изходна информация за разработването на алгоритмите и услугите в рамките на работен пакет 4. Резултатите от проучванията на пилотните обекти и моделирането на сценариите за използване предоставят информация, необходима за адаптиране на алгоритмите и решенията, разработвани в рамките на работен пакет 4, към специфичните характеристики и цели на пилотните клъстери по проекта LEONARDO.

На първо място, **пазарната и системната среда** на сценариите на използване, по-специално целевите пазари и механизмите за гъвкавост, подпомага определянето на съответните пазарни цени, които трябва да бъдат прогнозирани в рамките на задача 4.2. Освен това правилата на избраните пазари осигуряват необходимия контекст за конкретните пилотни обекти, за да бъдат определени подходящите пазарни ограничения в моделите за краткосрочна и дългосрочна оптимизация, разработвани съответно в задача 4.3 и задача 4.4.

На второ място, **технологиите за производство и съхранение на енергия на площадката**, установени във всеки пилотен обект чрез проучванията, подпомагат определянето на технологиите за производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници, за които в рамките на задача 4.1 са необходими прогнози за производството за конкретните пилотни обекти.

Накрая, **гъвкавото промишлено оборудване и процесите**, установени в пилотните обекти, се съпоставят със съответните категории типови модели на гъвкавост. Тази категоризация ще се използва за формулиране в математически вид на експлоатационните ограничения на съответните типови модели на гъвкавост в рамките на задача 4.1, които впоследствие ще бъдат предоставени като входни данни за оптимизационните модели в задачи 4.3 и 4.4.

5.4 Използване на резултатите в работен пакет 5 – Подготовка на пилотните обекти, интеграция, изпитване и оценка на резултатите

Резултатите от D2.2 служат за пряка основа при подготовката, конфигурирането, изпитването, наблюдението и оценяването на трите пилотни обекта по проекта LEONARDO в рамките на работен пакет 5. Описите на ресурсите на пилотните обекти установяват наличната инфраструктура и ресурсите за гъвкавост, сценариите на използване определят приложенията, които следва да бъдат внедрени или оценени, а рамката на ключовите показатели за ефективност определя приложимите изисквания за наблюдение и оценяване.

В рамките на T5.1 резултатите от проучванията ще послужат за подготовката на отделните пилотни обекти. Идентифицираните системи за наблюдение, интерфейси и ресурси за гъвкавост, както и наличността на данни, ще бъдат взети предвид при преценката дали са необходими допълнителни сензори, изпълнителни устройства, комуникационни шлюзове, платформи, протоколи или други адаптации. Изискванията за проследяване на ключовите показатели за ефективност ще определят подхода към събирането на данни за изходното състояние и изготвянето на профили на промишленото потребление преди внедряването на решенията по проекта LEONARDO. Данните за изходното състояние ще служат като основа за сравнение при последващата оценка на резултатите от пилотните обекти.

В рамките на T5.2 пътната карта за интеграция, разработена в T2.5, ще бъде използвана за интегриране на компонентите на iFAAP, разработени в рамките на работни пакети 3 и 4, в единен прототип. Характеристиките на пилотните обекти и работните процеси по сценариите за използване, определени в D2.2, ще послужат при конфигурирането на необходимите комбинации от компоненти и осигуряването на взаимодействието им с промишлените системи за управление на енергията, пазарните интерфейси и съществуващото оборудване за наблюдение. В рамките на T5.2 ще бъдат проведени и изпитвания в ограничен мащаб преди началото на пилотното прилагане. При необходимост ще се използват синтетични или тестови данни за проверка на координираното управление и функционирането на интегрирания прототип при различни режими на работа и евентуални откази на системата. Модулната структура на iFAAP ще позволи подготовката на екземпляри на платформата, конфигурирани съобразно особеностите на съответните пилотни обекти, за внедряване в рамките на T5.3.

В рамките на T5.3 сценариите за използване ще послужат като основа за конфигурирането, внедряването и изпитването на съответните компоненти на LEONARDO съобразно спецификата на всеки пилотен обект. Описаните в D2.2 системи, входни данни, логика на изпълнение и ограничения ще бъдат взети предвид при прилагането на съответните сценарии. В зависимост от степента на зрялост и обхвата на всеки сценарий за използване дейностите могат да включват изпитвания в експлоатационни условия, симулации или оценки въз основа на сценарии. Свързаните с тях ключови показатели за ефективност и параметри за наблюдение ще се използват за проследяване на изпълнението и документиране на произтичащите технически, експлоатационни, икономически и системни ефекти.

В T5.4 резултатите от наблюдението в T5.3 ще бъдат съпоставени с изходните стойности, установени в T5.1, и оценени съгласно рамката за ключови показатели за ефективност, определена в D2.2. Оценката ще обхване изходното състояние преди прилагането на решенията по проекта LEONARDO, резултатите след внедряването на съответните компоненти на iFAAP и параметрите, необходими за оценка на по-дългосрочните въздействия. Стойностите на ключовите показатели за ефективност ще послужат за технико-икономическата оценка, оценката на въздействието върху околната среда и анализа на мащабируемостта и възможността за повторно прилагане, предвидени в T5.4. По този начин D2.2 осигурява връзката между първоначалното характеризиране на пилотните обекти, техническата интеграция, прилагането на решенията в съответните пилотни обекти и окончателната оценка на резултатите от решенията по проекта LEONARDO.

Заключения

Настоящият доклад обобщава резултатите от дейностите по проучване на пилотните обекти, моделиране на специфичните за тях сценарии за използване и разработване на ключови показатели за ефективност, извършени в рамките на T2.3 и T2.4. В него са описани по структуриран начин трите пилотни обекта по проекта LEONARDO, промишлените процеси и енергийните системи във всеки от тях, наличните ресурси за гъвкавост и техническите и експлоатационните условия, които влияят върху използването на тези ресурси.

Резултатите от проучванията установяват съществени различия в състава на ресурсите за гъвкавост в пилотните обекти. Италианският пилотен обект обединява разпределени промишлени товари, мощности за производство и съхранение на енергия, както и ресурси, свързани с водорода и електромобилността, в местна разпределителна зона. Австрийският пилотен обект обхваща гъвкавостта на промишлените процеси в два обекта от хранително-вкусовата промишленост, включително смилане на зърно, производствени процеси, хладилно охлаждане и хладилно съхранение. Тези ресурси се допълват от производство на електроенергия чрез фотоволтаични инсталации на място и съхранение на енергия в батерии. Българо-гръцкият пилотен обект обхваща мащабни промишлени процеси с високо потребление на електроенергия и потенциал за агрегиране на гъвкавост както на национално, така и на трансгранично равнище.

Въз основа на тези характеристики за конкретните пилотни обекти бяха определени осем сценария за използване. Те обхващат агрегирането и координацията на разпределени ресурси, гъвкавото управление на потреблението в зависимост от цените на пазара „Ден напред", участието в националните механизми за балансиране, възможните бъдещи механизми за гъвкавост на равнище разпределителна мрежа и координацията на промишлената енергийна гъвкавост на национално равнище, между различни равнища и в трансграничен контекст. Сценариите отразяват различна степен на техническа и пазарна зрялост и съответно съчетават подходи, прилагани в експлоатационни условия, аналитични подходи, симулации и оценки, основани на сценарии.

Рамката за ключовите показатели за ефективност обвързва всеки сценарий за използване с показатели, отразяващи неговите цели и очаквани резултати. Избраните показатели обхващат гъвкавостта и експлоатационната ефективност, въздействието върху мрежата и системата, икономическите ефекти, пригодността на възможностите за гъвкавост, енергийната ефективност, въздействието върху околната среда и инвестициите. Те служат за основа при определянето на изходните стойности и изискванията за мониторинг, проследяването на изпълнението на сценариите за използване и оценката на постигнатите резултати или на резултатите, определени въз основа на сценарии, при последващите дейности в пилотните обекти.

Резултатите от D2.2 предоставят информация за отделните пилотни обекти, необходима за определяне на техническите изисквания и проектиране на системната архитектура на iFAAP в рамките на T2.5, за дейностите по управление на данните и осигуряване на оперативна съвместимост по работен пакет 3 и за услугите за прогнозиране и оптимизация по работен пакет 4. Те ще послужат и за подготовката на пилотните обекти и наблюдението с цел определяне на базовото състояние в рамките на T5.1, интегрирането на iFAAP и

разработването на прототипи в рамките на T5.2, внедряването и наблюдението в конкретните пилотни обекти в рамките на T5.3 и цялостната оценка на резултатите в рамките на T5.4.

Като цяло D2.2 установява единна и проследима основа за обвързване на ресурсите за промишлена енергийна гъвкавост в трите пилотни обекта с конкретни сценарии на приложение, измерими показатели за резултатите и последващите технически дейности и дейности в пилотните обекти в рамките на проект LEONARDO.